



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS  
MEDIANTE EL USO DE ALAMBRE DE HIERRO EN DIFERENTES  
CONCENTRACIONES, TAPARACHI, JULIACA, 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Chumbes Chacón, Joel Efraín

**ASESOR:**

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

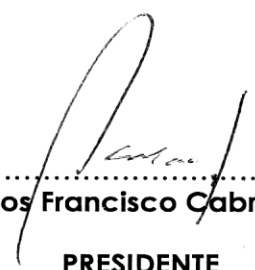
**LIMA – PERÚ**

**2018 – II**

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **JOEL EFRAÍN CHUMBES CHACÓN** cuyo título es: **"REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE EL USO DE ALAMBRE DE HIERRO EN DIFERENTES CONCENTRACIONES, TAPARACHI, JULIACA, 2018"**

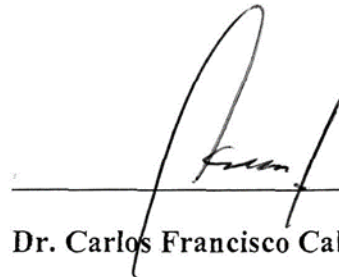
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ..15... (Número)  
Quince.....(letras).

Los Olivos, 14 de diciembre del 2018.

  
 .....  
**Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza**  
**PRESIDENTE**
  
 .....  
**Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez**  
**SECRETARIO**
  
 .....  
**Dr. César Eduardo Jiménez Calderón**  
**VOCAL**


Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## PÁGINA DEL JURADO



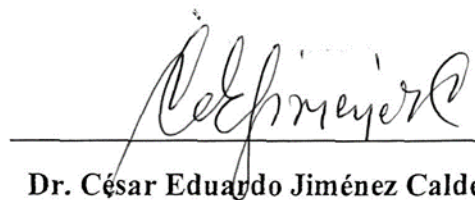
---

**Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza**  
Presidente del Jurado de Tesis



---

**Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez**  
Secretario del Jurado de Tesis



---

**Dr. César Eduardo Jiménez Calderón**  
Vocal del Jurado de Tesis

Dedicatoria:

A mí querida madre Hilda, por sus enseñanzas, principios, valores y la lucha constante que hace para que sea un profesional.

A mi tía Lourdes por el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, por darme motivación de seguir adelante.

A las personas que influyeron en mi carrera profesional, mi familia.

A mis amigos por su total respaldo.

A mis profesores y asesores por la gran enseñanza y paciencia que tuvieron durante mi carrera profesional.



#### Agradecimientos:

Agradecer a Dios.

Por bendecirme día a día y en especial por darme a una madre maravillosa.

A la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser un profesional.

A mi asesor Dr. César Eduardo Jiménez Calderón por la enseñanza constante y motivación que nos brinda día a día.

Al Ingeniero Juan Julio Ordoñez Galve, por su paciencia, ayuda constante y sabios consejos.

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo **Joel Efraín Chumbes Chacón** con DNI N° 71481562, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima 6 de Diciembre Del 2018



---

**CHUMBES CHACON JOEL EFRAIN**

## PRESENTACIÓN

### Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “*Reducción de arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, taparachi, Juliaca, 2018*”, la misma que someto a vuestra consideración, esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Lima 6 de Diciembre Del 2018



---

CHUMBES CHACON JOEL EFRAIN

## INDICE

<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	<b>II</b>
<b>PÁGINA DEL JURADO</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>V</b>
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b>	<b>VI</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XII</b>
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	2
1.2. Trabajos previos .....	4
1.3. Teoría relacionada al tema .....	8
1.4. Formulación del problema.....	23
1.4.1. Problema general .....	23
1.4.2. Problemas específicos .....	23
1.5. Justificación del estudio.....	24
1.6. Hipótesis.....	25
1.6.1. Hipótesis general .....	25
1.6.2. Hipótesis específicas .....	25
1.7. Objetivos .....	25
1.7.1. Objetivo general .....	25
1.7.2. Objetivos específicos .....	25
<b>II. METODO .....</b>	<b>26</b>
2.1 Diseño de investigación.....	26
2.1.1. Tipo de investigación .....	26
2.1.2. Diseño de investigación .....	26
2.1.3. Nivel de investigación .....	26
2.2. Variables Operacionalización .....	27
Tabla 2.....	27
2.3. Población y Muestra.....	28
2.3.1. Población .....	28

2.3.2. Muestra .....	28
2.3.3. Muestreo .....	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad .....	28
2.4.1. Técnicas .....	28
2.4.2. Instrumentos .....	29
2.5. Métodos de análisis de datos .....	30
2.6. Aspectos éticos .....	36
<b>III. RESULTADO Tabla 4: Remoción de arsénico mediante alambre de hierro e irradiación solar. ....</b>	<b>37</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>51</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1: Valores guías establecidas como niveles máximos de contaminante por organismos de control para arsénico en agua de consumo humano.....	14
Tabla 2: Variables de operacionalización.....	27
Tabla 3: Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	28
Tabla 4: Remoción de arsénico mediante alambre de hierro e irradiación solar.....	37
Tabla 5: Tabla de pH inicial y final del proceso de remoción de arsénico.....	37
Tabla 6: Segunda repetición, Remoción de arsénico mediante alambre de hierro e irradiación solar.....	39
Tabla 7: Segunda repetición, Tabla de pH inicial y final del proceso de remoción de arsénico.....	39
Tabla 8: Tercera repetición, Remoción de arsénico mediante alambre de hierro e irradiación solar.....	41
Tabla 9: Tercera repetición: Tabla de pH inicial y final del proceso de remoción de arsénico.....	41
Tabla 10: Cuadro de concentraciones inicial y final de remoción de arsénico y pH, comparado con los LMP.....	43
Tabla 11: Estación Juliaca – Meteorología.....	45
Tabla 12: Cuadro de normalidad y confiabilidad.....	46

## Índice de Figuras

Figura 1. El ciclo Global de arsénico.....	10
Figura 2: Diagrama Eh-pH para arsénico a 25°C y 1 atm, con arsenico total $10^{-5}$ mol/L [Shih, 2005].....	13
Figura 3: Formación de anión superóxido por oxidación solar de citrato de hierro.....	20
Figura 4: Llegada y reconocimiento a la ciudad de Juliaca-Taparachi.....	30
Figura 5: Extracción de la muestra en la ciudad de Juliaca-Taparachi.....	31
Figura 6: Resultados del laboratorio BHIOS.....	32
Figura 7: Peso del alambre de hierro y Arsénico.....	33
Figura 8: Medición del jugo de limón y Temperatura.....	33
Figura 9: Medición del pH inicial y aplicación del proceso.....	34
Figura 10: Sedimentación de la oxidación de Fe y extracción de la muestra.....	35
Figura 11: Filtro de Hierro y previo tratamiento.....	36
Figura 12: Concentración inicial y Final en porcentaje de remoción de arsénico.....	38
Figura 13: Resultados de pH inicial y Final del agua.....	38
Figura 14: Segunda repetición de la concentración inicial y final en porcentaje de remoción de arsénico.....	40
Figura 15: Segunda repetición de los resultados de pH inicial y Final del agua.....	40
Figura 16: Tercera repetición de la concentración inicial y final en porcentaje de remoción de arsénico.....	42
Figura 17: Tercera repetición de los resultados de pH inicial y Final del agua.....	42
Figura 18: Porcentaje total de las 12 muestras.....	44
Figura 19: Promedio de Temperatura.....	46

## **RESUMEN**

La presente investigación se realizó con el objetivo de disminuir el Arsénico en las aguas subterráneas de Juliaca-Taparachi, cuyas aguas tienen concentraciones de arsénico de 0.06 mg/L la cual están por encima de los límites máximos permisibles, 0.05 mg/L de acuerdo a la norma Técnica Peruana y 0.01 mg/L establecido por la Organización Mundial de la Salud, se implementó la tecnología de remoción de arsénico mediante oxidación solar, en dicho proceso se agregó jugo de limón el cual cumple la función de un catalizador para así poder acelerar el proceso de oxidación del alambre de hierro en presencia de oxígeno y de la radiación solar, promoviendo la formación de especies muy activas que oxidó al As, los resultados de las 12 pruebas experimentales aplicadas a las aguas de la ciudad de Juliaca-taparachi muestran que se redujo el porcentaje de arsénico dentro del rango 97% y 98%. La mayor remoción de arsénico se consiguió con la combinación de 6kg de alambre de hierro, 1.3 mL de jugo de limón y 8 horas de exposición a la irradiación solar, reduciendo el arsénico en un 98.18%.

Palabra clave: Arsénico, Hierro, Reducción.

## **ABSTRACT**

The present investigation was carried out with the objective of reducing arsenic in the groundwater of Juliaca-Taparachi, whose waters have arsenic concentrations of 0.06 mg / L which are above the maximum permissible limits, 0.05 mg / L according to the Peruvian Technical Standard and 0.01 mg / L established by the World Health Organization, the arsenic removal technology was implemented by means of solar oxidation, in this process lemon juice was added, which fulfills the function of a catalyst in order to accelerate the oxidation process of the iron wire in presence of oxygen and solar radiation, promoting the formation of very active species that oxidized the Ace, the results of the 12 experimental tests applied to the waters of the city of Juliaca-taparachi show that the percentage of arsenic was reduced within the 97% and 98% range. The greatest removal of arsenic was achieved with the combination of 6kg of iron wire, 1.3 mL of lemon juice and 8 hours of exposure to solar irradiation, reducing arsenic by 98.18%.

Key Words: Arsenic, Iron, Reduction.



## **I. INTRODUCCION**

La presente investigación se realizó con el objetivo de disminuir el arsénico en las aguas subterráneas de la ciudad de Tarapachi. Si bien durante años se ha visto en todas partes del mundo aguas contaminadas con arsénico, las cuales se dan de manera natural o por actividades humanas, muchas de las personas se han visto afectadas por este contaminante siendo los más vulnerables aquellas personas de bajo recursos, es por ello que se busca una nueva alternativa para mejorar la reducción del arsénico comparando la eficacia de dos elementos.

Lo que conocemos como arsénico es un metal que se puede ubicar en distintas formas, por lo que es muy raro encontrarlo en estado sólido, especialmente en sulfuros, se puede encontrar en la atmosfera, hidrosfera, biosfera, en rocas y suelos por lo que es un contaminante sumamente tóxico, no se conoce con exactitud su función biológica, según la OMS es catalogado como un contaminante sumamente tóxico para la mayoría de seres vivos, cuando se ingiere este contaminante a concentraciones por encima de lo establecido es como si uno mismo se estuviera envenenando.

Las aguas con arsénico forman una amenaza para la mayoría de los seres vivos, ya que este contaminante a concentraciones mayores a 0,01 mg As/L podría producir múltiples enfermedades cancerígenas, el arsénico se encuentra disuelto como oxianiones se da de manera natural o por actividades antropogénicas las cuales se encuentran en todas partes del mundo.

Por lo cual, este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de disminuir el arsénico en aguas subterráneas ubicados en la ciudad de Juliaca – Taparachi, mediante el proceso de Remoción de Arsénico por Oxidación Solar (RAOS), aplicando el alambre de hierro en diferentes concentraciones para ver la eficacia y el nivel de reducción de arsénico en el agua, con el propósito de emplearla como agua de tipo A3, este proceso se podrá realizar de una manera sencilla y de bajo presupuesto, ya que los materiales para realizar este proceso son totalmente accesibles, un método el cual no se necesita de tecnologías avanzadas.

## **1.1. Realidad problemática**

El arsénico en el agua es una problemática que se da a una escala muy grande a nivel mundial ya que no solo es tóxico para los seres humano sino para la gran cantidad de los organismos vivos que habitan en la tierra, millones de personas de todos los continentes lo consumen, es un metal inodoro e insípido que se encuentra de manera natural en las rocas y suelos, también por actividades humanas debido a que es un elemento común en el medio ambiente, en Europa existen países como: Hungría, Serbia y Croacia que son afectados por este contaminante, Los gobiernos están obligados ante la ONU a ejecutar medidas sanitarias que piden reducir los niveles de dicho metaloide, en Alemania las empresas de tratamiento de aguas están forzados por ley a mantener los niveles de pureza del agua, ya que Alemania es uno de los países industrializados por lo que las plantas de fabricación de tintas vertían cantidades de arsénico, en Bangladesh se calculó que aproximadamente 1.5 millones de personas sufren casos de lesiones cutáneas relacionadas con la aparición de arsénico en el agua potable “El agua con arsénico es nocivo si contiene más de 5 microgramos por litro, pueden combinarse con elementos orgánicos e inorgánicos por lo que se vuelven más tóxicos y por lo cual predominan más en el agua, las cuales causan diversas. ” (Hermann, 2009).

El arsénico en el agua es un tema muy preocupante ya que se ha demostrado mediante investigaciones que este contaminante se encuentra en diferentes regiones del Perú como en Arequipa, Puno, Tacna y Tarma, las cuales exceden un 0.0566 mg/l, el límite de 0,01 mg/l establecido por la OMS, En el Perú también está establecido en esas cantidades según el (D.S.N° 031-2010-SA.). Esto ocurre de manera natural o a consecuencia de actividades humanas, las investigaciones arrojaron que más del 85% de las muestras son provenientes de las tuberías de agua potable que superan los LMP establecidos por la OMS y la normativa nacional, estos problemas pueden pasar inadvertidos si no toman las medidas sanitarias adecuadas para la reducción de dicho contaminante, en Lima se hicieron muestras a los ríos por lo que arrojó que el río Rímac contiene altas cantidades de arsénico que sobre pasan los límites establecidos, la población no bebe esta agua directamente por lo que la preocupación se encuentra río arriba ya que la gente usa este recurso para regar sus campos de cultivo, también se toma en cuenta que variedades de vegetales absorben arsénico por medio de sus raíces las cuales también es perjudicial para la salud humana ya que dichos alimentos son

ingeridos por las personas, en la región de Tacna el agua con arsénico se volvió en un problema de gran escala ya que el agua que provenía de las tuberías arrojaba aguas de color amarillento con alta cantidad de arsénico, los pobladores exigían una solución o una sanción a los prestadores de servicios EPS, ya que exigían una buena calidad de vida en el tema de agua potable. (George, 2012).

En la provincia de Juliaca, en el pueblo de Taparachi se vive una situación extremadamente preocupante ya que el 40% de los pobladores no tienen servicio de agua potable y el 60% de los pobladores tiene el servicio pero solo cinco horas al día, esto se vuelve cada día más preocupante ya que en los últimos años la ciudad de Juliaca ha incrementado su población casi el doble de habitantes que la ciudad de Puno, para los pobladores que no cuentan con el servicio de agua y quieren adquirirlo tiene un costo elevado por lo que ellos no cuentan con la economía suficiente para comprarlo, se sienten abandonados por las entes encargados del medio ambiente ( MINAM) así como los responsables de brindar una buena calidad de agua(ANA), por lo que optan por utilizar agua del subsuelo (Pozos) las cuales contienen grandes cantidades de arsénico (0.0566 mg/l) que sobre pasan los límites señalados por la OMS y la normativa nacional, teniendo conocimiento de ello no tienen otra opción que consumirlo ya que son personas de bajo recursos, pese a ello vierten cierta cantidad de cloro para poder beber de esas aguas, es una situación preocupante ya que el 40% de los pobladores de Juliaca están a la espera de que las autoridades empiecen a ejecutar una solución, “La ciudad de Juliaca es un lugar donde las entidades públicas ambientales no toman ni la más mínima importancia, los pobladores se envenenan lentamente con este metal ya que no tienen otra manera de poner limpiar estas aguas”. (Gilman, 2016).

## 1.2. Trabajos previos

Según MAYORGA, P. (2014). En su tesis “*Arsénico en aguas subterráneas y su movimiento a las diferentes partes de la tierra ( agua, suelo y planta)*” se estableció entre sus objetivos contribuir al origen de las causas de la contaminación originada por el arsénico en las aguas subterráneas de un subsector, hallando muestras de agua en donde se puede visualizar que sobre pasa la concentración de bicarbonato disuelto, la cual el arsénico se puede trasladar por medio de las superficies minerales; por otra parte la cantidad de arsénico en el fondo de los suelos de dicha zona son bajas, las contaminaciones en los suelos para uso agrícola se debe al constante riego que se da a las área con agua contaminada con arsénico.

Según RIMACHI, J. (2009). En su tesis “*Estudio físico químico de las técnicas de remoción de arsénico en agua de consumo humano*”. Se implemento la tecnología de remoción de arsénico bajo irradiación solar (RAOS) usando 1, 2 y 3 gramos de alambre de hierro, 4 gotas de limón para cada uno de las muestras y a una exposición solar de 2, 3 y 4 horas, pero obteniendo un resultado de 60.5% de remoción de arsénico por lo que las muestras podrían ser aplicado fácilmente en zonas de bajo recursos debido a fácil implementación y bajo costo.

Según SIMA, L. (2014). En su artículo científico titulada “*Exposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú*” la cual tiene como objetivo medir los niveles de contaminación de arsénico en las aguas superficiales, usando 151 muestras de agua en los diferentes distritos del Perú. La cual tuvo como objetivo medir las concentraciones por medio de espectrometría de masa de plasma, las muestras recolectadas de las aguas subterráneas superaron el límite de 10mg/l, en la ciudad de Juliaca sobre pasaban los límites máximo permisibles, así mismo en la ciudad de Caroto concluyendo así un 96% de contaminación en dichas ciudades.

Según Flores, M. (2016). En su tesis titulada “*Remoción de arsénico con cáscara de semilla de girasol mediante el proceso de adsorción en aguas del manantial Puncomachay, Jauja 2016*” Consiste en determinar la cantidad de concentración que se removió mediante el uso de la cascara de semilla de girasol por medio del proceso de adsorción, Flores, optó por usar tres tamaños diferentes en partículas de biomasa, la cual se calculó la hora de contacto para equilibrar el proceso de adsorción, según los resultados obtenidos el más favorable fue la

solución de 6gr/L en el tiempo transcurrido de cinco horas, se demostró que hay una diferencia considerable entre la inicial y final

Según FERNÁNDEZ, T. (2004). En su artículo científico titulada “*Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de argentina y chile; origen, movilidad y tratamiento*” El arsénico y sus múltiples efectos toxicológicos son desconocidos, por lo que busca aclarar el origen del estado actual en lo que viene a ser la movilidad y la parte del tratamiento de las aguas con altas cantidades de arsénico en los países de Argentina y Chile.

Según el diario LA REPUBLICA (2016). En su artículo titulado “El veneno de Juliaca” Esto radica en la excavación de pozos tubulares en el hogar que consiste en perforar el subsuelo de 3 a 8 metros para extraer este recurso, según las investigaciones realizadas se tomó 76 muestras de aguas subterráneas, por lo que concluyó que la ciudad de Juliaca y Taparachi el 97% de muestras recolectadas muestran concentraciones altas de arsénico, sobre pasando 5 veces más según lo establecido por la OMS.

Según el COLEGIO DE INGENIEROS DE JULIACA (2014). En su artículo titulado “Existencia de arsénico en agua potable” Estudios realizados arrojo que el agua que ingiere la población de Juliaca estaría contaminada por arsénico, un informe realizado por los expertos revela que el río Coata y la Laguna de donde la entidad encargada de prestar servicios básicos que es el agua potable, ductos y alcantarillado, extrae el liquido la cual esta sumamente contaminado por este elemento químico.

Según GEORGE, C. (2012). En su artículo titulado “Puneños beben agua con arsénico”. Realizaron cantidades de muestras de agua para detectar este material, se extrajo 151 muestras de diferentes puntos, las cuales fueron 111 de tuberías, 40 proveniente de los ríos y municipalidades, extraídas en Lima Centro, Ciudad de Puno, Juliaca y la Oroya. Por lo que se usó la espectrometría de masa de plasma, 86% extraídos de tuberías exceden los límites, mientras en Juliaca el porcentaje es mas elevado, llegando así al 96% de muestras contaminadas debido al arsénico.

Según LA COMISIÓN MULTISECTORIAL PARA LA PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL. (2014). En su trabajo de investigación titulado “*Estado de la calidad ambiental de la cuenca del lago Titicaca Ámbito Peruano*” El arsénico es un elemento altamente contaminante y este se encuentra en las partes altas de las cuencas, con cantidades de 6.21 mg/L de arsénico que supera considerablemente el ECA.

Según TRELLES, J. (2013). En su tesis titulada “*Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomasa vegetales inertes*”. La capacidad de remoción de arsénico se ve alterada por la masa de biosorbente y la concentración preliminar de arsénico. Las masas vegetales analizadas son capaces de remover arsénico del medio acuoso en concentraciones por debajo de 1mg y las cuales pueden ser utilizadas en el desarrollo de métodos para la reducción de arsénico, las masas como la cascara de frijol (78.95), cascarilla de arroz (77%) y granos de cebada (77%), también se reportaron remociones significativas de otros metales pesados.

Según ROJAS, K. (2016) en su tesis titulada “*Arsénico (V) y cromo (VI) presente en lechos acuáticos mediante el uso de tierra de diatomeas recubierta con sales de hierro, Arequipa 2016*” el proceso se dio ejecutó a tres temperaturas (10 °C, 20 °C, 30 °C), Con diferentes pH, en la cual fue 4.6 para arsénico y por consiguiente pH 6 para cromo, consiguiendo resultados que sobrepasan la remoción de arsénico a 30°C° que alcanzó  $173,08 \pm$  mg de remoción de arsénico, por otro lado, los resultados más relevantes se obtuvieron operando a 20 °C la cual alcanzo a remover  $124,88 \pm 0.002$  mg a 270 minutos.

Según RUIZ, S. (2013) en su tesis titulada “*Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para la parroquia San Isidro del Cantón Guano*” En su trabajo de investigación refleja una sílice medianamente pura hecha por medio de yacimientos de los esqueletos de diatomitas y la perla difundida químicamente es un elemento alcalino a base de aluminio las cuales son porosas y preparados de hacer una capa porosa para minimizar la resistencia tanto del flujo y al filtrado. Raras veces optan por usar pequeñas fibras de celulosa. Cuando estas salen de control por medio de la sílice. La utilización de los distintos materiales por medio de filtración la cuales menos eficaz como por ejemplo el uso de carbón y yeso.

Según PANTOJA, JONES, BURKITBAYEV. (2013) en su artículo titulado *“Eliminación de arsénico de agua utilizando diatomitea hierro modificado (D-Fe): isotérmicos y de experimentos de columna”* expone la tierra de diatomeas porosa y el uso de hidróxido de hierro (D-Fe): Material económico pero debido a su potencia, afinidad ya que tiene ion arseniato es excelente para la eliminación de arsénico en agua, la efectividad paso por una prueba en diferentes condiciones de pH.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2004). En su publicación titulada *“Exposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú”* Se recogieron 151 muestras de agua en distintos lugares del Perú, las cuales se hizo una medición de concentración de arsénico, las muestras arrojaron que el 86% de las 111 muestras son provenientes de aguas subterráneas, dicho contaminante sobre pasó los límites con 10 mg/L de arsénico establecido por la OMS. Por otro lado, el 56% excedió el umbral en la ciudad de Bangladesh de 50 mg/L; de todas las muestras extraídas el 54.5 mg/L era el punto medio. En las ciudades de Juliaca y Caracoto, el 96% de las muestras extraídas de las aguas subterráneas de las aguas subterráneas fue de gran asombro ya que excedían dichos límites impuestos por la OMS.

Según JOHNSTON, R. (2012) en su artículo titulado *“Arsénico en el agua de pozo en Bangladesh: impacto y repercusiones en la salud y la economía para la mitigación del arsénico”*. Una encuesta realizada a nivel nacional en el año 2009 sobre la calidad de agua potable, arrojaron datos que previamente se utilizaron para hacer una estimación actualizada sobre la presencia de enfermedades crónica de arsénico en la ciudad de Bangladesh. Se señaló que 20 a 45 millones de seres humanos son afectadas de manera directa a altas concentraciones de arsénico superando los 50 µg/L y el valor de referencia de 10 µg / L de la Organización Mundial de la salud. Con los datos adquiridos se estimó que las exposiciones a concentraciones >50 µg / L y 10-50 µg / L se representan un número anual de 24,000 y tal vez hasta 19,000 muertes de personas adultas en el país. Una elevada tasa de mortalidad relacionada con el arsénico de 1 de cada 16 muertes de personas mayores recibiría 13 mil millones de dólares de los Estados Unidos. La mitigación de este contaminante se debe al enfoque de varios niveles, las zonas de agua potable a merita un costo de USD. El incremento nacional de dicho enfoque costará cientos de millones de dólares, pero esto sería para mejorar la integridad y bienestar de las personas y la población, pero lo mas primordial es de las futuras generaciones.

### **1.3. Teoría relacionada al tema**

#### **EL ALAMBRE:**

Hilo delgado que se adquiere por el estiramiento de hierro tipo B, esta creado por la chatarra, mineral de hierro y carbono, su uso se da en la industria de las actividades de construcción para soporte o amarres de fierros corrugados en las diferentes estructuras.

**Denominación Técnica:** Alambre Negro Recocido N°16

**Unidad de Medida:** Kilogramos (Kg)

**Descripción General:** Alambre conseguido por trefilación y posterior tratamiento térmico recocido, para agregarle la debida ductilidad para su utilización.

#### **Características:**

##### **Composición Química**

Carbono (C): 0.10% máx.

Fósforo (P): 0.04% máx.

Manganeso (Mn): 0.30 – 0.50 % máx.

Azufre (S): 0.05%

#### **Características**

Calibre: 16

Diámetro: 1.65 mm

Resistencia a la tracción (R): 32 – 45.9 Kg/mm<sup>2</sup>

Presentación del Producto:

En Rollos de 100 Kg.



## **FUENTES DE ARSÉNICO**

El arsénico (As) se expande ampliamente en el ambiente. Es un elemento que se encuentra en grandes proporciones en la tierra, Se promedia que la cantidad total de arsénico es superior a  $4.01 \times 10^{16}$  Kg con un estimado de 6 mg/kg. En el caso del mar, su concentración de arsénico existente varía en 0.09 ug/L y 24 ug/L, por lo contrario en agua dulce varía entre 0.15 ug/L y 0.45 ug/L por lo que tienen un valor máximo de 1mg/L. La cantidad sube hasta un alcance de 300 de la concentración media de este contaminante en aguas subterráneas, aguas minerales y termales (Frimmel, 2003). El arsénico es el componente principal de 245 minerales diferentes, en el caso del ambiente se relaciona especialmente a los minerales del sulfuro junto con el cobre, Níquel, Plomo, cobalto, u otros metales. Los minerales más significativos del arsénico son: oropiminenta ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), realgar ( $\text{AsS}$ ), mispickel ( $\text{FeAsS}$ ), Loe-llingita ( $\text{FeAs}_2$ ), Niccolita ( $\text{NiAs}$ ), La cobaltita ( $\text{CoAsS}$ ), el tenanita ( $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ ) y el enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ); (Thirunavukkarasu, 2005).

Los fenómenos que se da de manera natural como desgaste por acción atmosférica de las rocas sedimentarias e ígneas, actividad biológica y actividades volcánicas, las actividades realizadas por el hombre son responsables de la contaminación de arsénico al ambiente (Reimer, 1989). Las fuentes de la industria de metalurgia, cristalería, cerámica, tinte, pesticida, refinación del petróleo, de la industria tierra rara, entre otras industrias químicas, orgánicas e inorgánicas provienen de actividades antropogénicas importantes del arsénico.

El uso de la quema de combustible en la central eléctrica e incluso en los hogares es otra fuente antropogénica del arsénico. Por otro lado, las mineras también muestran arsénico contenidos en carbones o minerales, muchas veces desechos de arsénico debido a la descarga de los sistemas de agua natural (Frimmel, 2003).

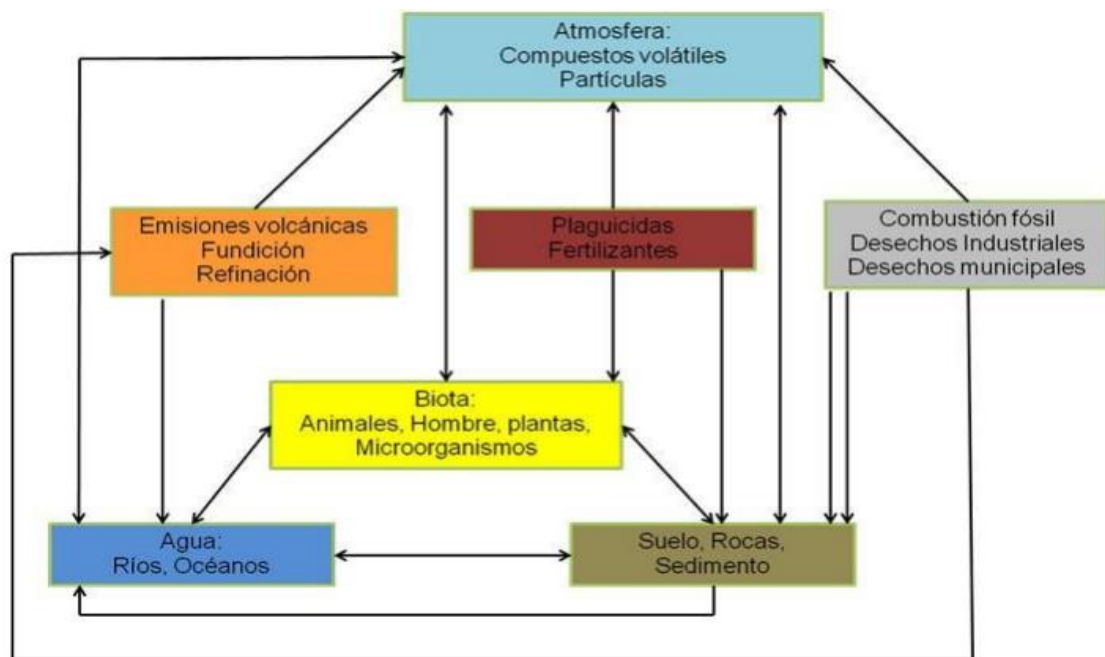
## **MOVILIDAD DE ARSÉNICO**

El arsénico y sus componentes se movilizan en el medio ambiente por medio de actividades que se dan como el desgaste por la acción atmosférica de rocas convierte los sulfuros arsénicos a trióxido arsénico, que une el ciclo de arsénico por disolución en lluvia, los ríos, agua subterránea o como polvo. Este contaminante tiene un ciclo existente en la tierra, aire y agua que se da por la liberación del arsénico de rocas y suelos.

Las formas volátiles de arsénico se unen a la atmosfera desde la tierra y agua, después son devueltas a causa de las lluvias o el polvillo reactivo atmosférico. Las formas del arsénico

cuando son oxidadas se reducen de nuevo a los sulfuros bajo condiciones anaerobias en los sedimentos de tierra y de agua (Pontius, 2000).

El agua es una de los principales transportes de arsénico en el ambiente. Las concentraciones de arsénico naturalmente dominantes son usuales en lugares con altos niveles de actividades geotérmicas y en aguas subterráneas en áreas mineras, los grados de arsénico bajos se revelan generalmente en ríos y lagos, concentraciones más altas, con ello nos referimos a muchos cientos de microgramos por litro que existen en agua las aguas superficiales bajo la influencia de entradas hidrotermales (Herung, 2000).



Fuente: Alarcón, 2003.

Figura 1: El ciclo Global de arsénico.

## QUIMICA DE ARSENICO:

El arsénico tiene un número atómico de 33, la cual se encuentra en la tabla periódica, el arsénico está considerado como un metaloide, esta existe en diversas variedades de formas y de estados de oxidación. Existen dos estados comunes que se presentan al oxidarse en el agua potable son Arsénico (V) y arsenito, As (III) (Brandhuber, 2001).

El Arsénico se encuentra en distintas formas orgánicas e inorgánicas en el agua. Los compuestos orgánicos que contienen el arsénico tal como ácido monometilarsonico y ácido dimetilarsinico pueden darse en aguas naturales provenientes por el uso de pesticidas órgano-arsenicales, de tal manera por mecanismos de biometilación en microorganismos (Zouboulis, 2002). Los microorganismos cumplen una función de poder oxidar arsenito a arsenato, o también a la arsina ( $\text{AsH}_3$ ). Agentes como los hongos y los microorganismos reducen el arsenato a los volátiles metilarsinas, el arsenato se transforma a compuestos metalados no volátiles de arsénico por medio de las algas marinas. (Ning, 2002). La mayoría de veces las concentraciones están por encima de los 1 ug/L, por lo que las especies orgánicas se toman en cuenta generalmente poco significativas comparando con otras especies inorgánicas de arsénico en el tratamiento de agua potable. (Edwards, 2000).

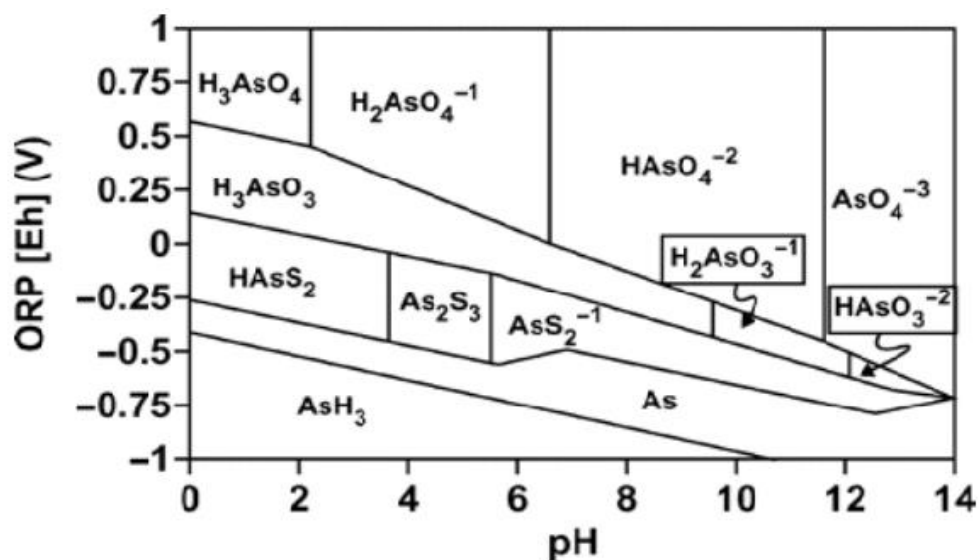
El arsénico inorgánico es resultado de la disolución a partir de la fase sólida, arsenolita ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), hidruro arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ), y realgar ( $\text{As}_2\text{S}_2$ ) (Cheng et al., 2000). La química del arsenico en sistemas acuáticos es compleja y consiste en la oxidación reducción, el intercambio de ligando, la precipitación, y la adsorción. En el medio ambiente, el arsénico se encuentra raramente como elemento libre y es estable en sus diferentes estados de oxidación ( -3, 0, +3, +5), sin embargo, los dos estados más comunes en agua potable son arsénico trivalente y arsénico pentavalente. Las especies Pentavalentes (+5) o de arsenato solubles son  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  y  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ . Las especies trivalentes (+3) o de arsenito solubles incluyen  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{HAsO}_3^{2-}$ .

El arsénico es un elemento redox-sensible y existencia, distribución, movilidad, y formas dependiendo de diferentes factores que intervienen, como el pH, oxidación y distribución de diferentes especies iónicas, química acuática, entre otros. Microbiana. De todos estos factores, el potencial de oxidación-reducción (Eh) y el pH son los más importantes que controla la especiación de arsénico.

En bajo condiciones oxidantes, el  $\text{HAsO}_4^{2-}$  es el dominante en un pH alto, el  $\text{H}_2\text{AsO}_4$  predomina en pH menores a 6.9, y el  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  es dominante cuando se encuentra en condiciones considerablemente ácidas (Shih, 2005). Por consiguiente, bajo condiciones anoxica, el arsenito es constante, con especies no iónica ( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ) y aniónica ( $\text{H}_2\text{AsO}_3$ ) dominantes debajo y sobre pH 9.22, respectivamente. Cuando hay presencia de sulfuros, la precipitación de realgar ( $\text{As}_2\text{S}_2$ ) o el oropimento ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ) puede reducir arsenito soluble y subir control considerable sobre niveles traza de arsénico.

En aguas reductoras, el arsénico se encuentra en alguna forma de ácido arsenioso que ionice según las ecuaciones siguientes. Por el contrario, en aguas oxigenadas normalmente las aguas superficiales, el arsenato debe dominar fuertemente sobre arsenito por lo menos en base a la termodinámica. El arsénico pentavalente se encuentra fácilmente en agua como ácido arsénico que ioniza según las siguientes ecuaciones. (Martin, 2000).

Las reacciones ácido-base del arsenito y del arsenato se pueden tomar para que existan simultáneamente; sin embargo, los períodos para los cambios entre los estadios de oxidación son aleatorios en agua naturales. Por ejemplo, la conversión de arsenito a arsenato en agua oxigenada es termodinámicamente mejorada, pero la velocidad de la transformación puede tomar mucho tiempo, dependiendo de las condiciones específicas. Las soluciones ácidas o alcalinas fuertes, la presencia de las sales de cobre, el carbón, los catalizadores desconocidos y temperaturas más altas pueden aumentar la velocidad de oxidación. La reducción del arsenato a arsenito en condiciones anaerobias puede requerir la mediación bacteriana puesto que la conversión es químicamente lenta (Jean, 2001). (Figura N°2)



Fuente: Shih, 2005.

Figura 2: Diagrama Eh-pH para arsénico a 25°C y 1 atm, con arsenico total  $10^{-5}$  mol/L [Shih, 2005].

## IMPACTO DE ARSÉNICO A LA SALUD

El arsénico es un contaminante dañino para la salud ya que, debido a la carcinogenicidad de algunos compuestos arsénicos, las agencias reguladoras han determinado el nivel máximo de contaminante para el arsénico en agua potable. El objetivo es remover la exposición al arsénico a un nivel cerca o por debajo de cero como sea posible, considerando sus efectos a la salud y toxicología, existencia, exposición humana, viabilidad de la tecnología del tratamiento, disponibilidad de técnicas analíticas para medir los niveles inferiores del arsénico, y del riesgo promedio para el cáncer como consecuencias de la exposición a largo plazo (Vira et al., 2000).

La Organización de la salud (OMS) determinó un estándar de 0.2 mg/L en 1958, y el límite fue bajado a 0.05 mg/L en 1963. Los Estados unidos (1962) recomendó una concentración máxima de 0.01 mg-7L y el límite máximo permitido de 0.05 mg/L fueron establecidos para el arsénico en abastecimientos de agua públicos (Gavis, 2002).

En 1974, el acta para agua potable segura, metió los niveles máximos de contaminante como estándares nacionales del agua potable, y la entidad de protección del medio ambiente fue solicitada a revisar periódicamente al estándar, Dependiendo de los estándares determinados por servicios médicos público en 1942, el EPA normalizó el nivel máximo de arsénico en 50 µg/L en agua potable en 1975. Aunque la Organización de la Salud aceptó la misma recomendación

de 50 µg/L en 1984, estudios recientes conducidos en la carcinogenicidad del arsénico y sus efectos a la salud a largo plazo han incitado a la nueva evaluación del LMP de arsénico de 10 µg/L, y en 2002, EPA publicó un estándar revisado para fijar el nuevo LMP para el arsénico en 10 µg/L (Ning, 2002).

En los estados Unidos la entidad encargada de investigación sobre el cáncer lo ha catalogado dentro del grupo 1 ya que tienen pruebas requeridas de la carcinogenicidad para los seres humanos. La expulsión natural del hombre en su organismo es por la vía urinaria, heces y sudor.

Diferentes estudios de toxicidad de dicho elemento muestran que muchos de las condiciones actuales establecidas por la OMS son muy elevadas, y trazan la necesidad de estudiar detalladamente los valores. (Tabla N°1).

Tabla 1: Valores guías establecidas como niveles máximos de contaminante por organismos de control para arsénico en agua de consumo humano.

País / Organización	Niveles Máximos de Contaminante (NMC) µg/L
Canadá	0.025
USA	0.050
Francia	0.050
Alemania	0.040
OMS	0.010
CEE	0.050
India	0.050
China	0.050
Taiwán	0.050
Perú	0.010

Fuente: Elaboración propia.

## TOXICIDAD

El arsénico es considerado a ser un elemento principal, pero muchos compuestos de arsénico son conocidos por ser tóxicos (Frimmel, 2003). La cantidad mortal para los adultos es 1 – 4 mg As/kg peso corporal. Los seres humanos están expuestos al arsénico del aire, alimento y agua. La concentración de arsénico en aire es generalmente solo pocos ng As/m<sup>3</sup>, y el promedio estimado en los Estados Unidos es 0.006 µg/L As/m<sup>3</sup>. El alimento es una fuente significativa del arsénico. Según los estudios en Canadá el contenido de arsénico de muchos alimentos es principalmente inorgánico (Típicamente 65-75 por cientos), a excepción de pescados, las frutas y los vegetales. Las diferencias en hábitos de comer inquietan perceptiblemente el consumo de arsénico inorgánico puesto que algunos tipos de alimentos contienen niveles de arsénicos mucho más elevados. Por ejemplo, Los animales marinos, contienen cerca de 10-40 mg As/Kg, mientras que el cerdo la carne la vaca y los pescados de agua dulce tienen niveles de arsénico menos de 1 mg As/kg (Pontius, 2000).

La fuente más transcendental de exposición a arsénico es la ingestión de agua potable y los niveles de arsénico son generalmente más altos en agua subterránea, principalmente donde las condiciones geoquímicas benefician la disolución del arsénico.

En seis distritos de bengala del oeste, la india, las concentraciones de arsénico en aguas se encontró por encima del límite permitido (50 µg/L). Un examen al suministro de agua subterránea en el condado de Halifax (Nueva Escocia, Canadá) señaló que la contaminación con arsénico estaba por encima de 500 µg/L en por lo menos el 10% de las muestras y el 23% de las muestras contenía arsénico más alto de 250 µg/L (Vira, 2003).

El arsénico forma compuestos orgánicos e inorgánicos, son más tóxicos que los compuestos orgánicos. La toxicidad de arsenito, las especies inorgánicas trivalentes es más alta que la toxicidad del arseniato, la especie pentavalente. El grado de la toxicidad del arsénico se puede presentar en esa orden que disminuye: arsina > As (III) inorgánico > As (III) orgánico > As(V) Inorgánico > As(V) orgánico > arsénico elemental. (Pontius, 2002). La toxicidad del As<sup>+3</sup> es ocho veces más alto que el As<sup>+5</sup>; Además del estado de oxidación y de la forma química de arsénico, su solubilidad en los medios biológicos también afecta la toxicidad del arsénico (Vira, 2003).

Para evaluar la protección sanitaria el MCL actual proporcionada para el arsénico, los efectos a la salud del arsénico se cuantifican considerando la toxicidad aguda (exposiciones relativamente altas por un periodo a corto plazo dando por resultado efectos con excepción del cáncer), la Toxicidad crónica (exposiciones relativamente bajas durante un largo periodo del tiempo que causa enfermedades con excepción de cáncer), y los efectos del cáncer (el riesgo del cáncer en diversos niveles de exposición) ( Pontius et al, 2002).

El envenenamiento al arsénico involucra cuatro áreas importantes 1) Sistema digestivo, 2) Piel, 3) Sistema nervioso, 4) Parálisis de motor, esto puede causar la muerte por parálisis del corazón. (Connor, 2004). EL arsénico en abastecimiento de agua causa el envenenamiento crónico más rápido que el envenenamiento agudo; por lo tanto, la toxicidad crónica del arsénico es la principal preocupación en la evaluación referente a la salud del arsénico en agua potable (Gavis, 2001). El envenenamiento crónico de arsénico lleva a síntomas no específicos incluyendo la debilidad crónica, la pérdida de reflejos, la gastritis, la anorexia, la pérdida de peso, la pérdida del pelo y la exposición a largo plazo termina en hiperpigmentación, enfermedades cardiovasculares, disturbio en sistemas nerviosos y desórdenes circulatorios. Las muestras comunes del envenenamiento agudo con arsénico son: vómitos, sequedad de la boca y la garganta, calambres del músculo, desórdenes circulatorios, debilidad nerviosa, alucinaciones y el shock fatal puede darse debido a la insuficiencia renal (Bissen, 2003).

La consecuencia más significativa es de efecto del cáncer en varios órganos, especialmente en la piel, el pulmón, el riñón, y la vejiga. Por lo tanto, el arsénico se ha clasificado como agente carcinógeno humano y es de preocupación pública debido a su origen natural y uso extenso en la industria (Shih, 2005).

## **PROCESO DE COAGULACIÓN**

La coagulación incluye todos los mecanismos en el proceso total de crecimiento y de agregación de la partícula, incluyendo la formación in situ del coagulante, la desestabilización química de la partícula y contactos físicos inter-partícula. La ventaja del proceso de coagulación es que los coagulantes (sales férricas) son fácilmente disponible, barato, no peligrosos y fáciles de manipular (Bissen, 2003).

El proceso de coagulación / filtración se ha usado tradicionalmente para remover los salidos de fuentes de agua potable; sin embargo, puede también remover especies disueltas por adsorción sobre las partículas hidróxidos del metal, que son producidas por la adición de sales



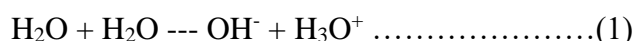
del metal tales como cloruro férrico y sulfatos férrico. Los componentes importantes de una coagulación / filtración básica son sistemas de alimentación químicos, equipo de mezcla, material para la mezcla rápida, floculación, colocar el filtro medio, instalaciones de turbulencia del filtro, y el equipo de dirección del lodo (EPA, 2000).

Estudios de coagulación a escala laboratorio y reveló que 90 µM (5 mg/L) de Fe remueve más del 80% de arsenito con concentración inicial de 300 ppb en rango del pH de 5.5 a 8.0. El autor también predijo remoción del arsenito y del arseniato con 50 ppb de concentración inicial, usando un modelo de adsorción de capa difusa y datos anteriores. La remoción del arseniato fue alrededor del 100% en pH neutro cuando mg/L o dosis más altas de FeCl<sub>3</sub> fueron utilizados, mientras que la remoción de arsénico fue cerca de 70% y 89% a pH neutro cuando fueron aplicadas dosis de 5mg/L y de 20 mg/L de FeCl<sub>3</sub>, respectivamente (Edwards, 2002).

La remoción de arsénico por coagulación y filtración usando agua subterránea de una ciudad en colorado meridional E.E.U.U. y de Sonargaon, Bangladesh. Los experimentos a escala laboratorio indicó que la coagulación con iones férricos seguidos por filtración es eficaz para la remoción de arsénico, pero la eficacia real es sobre todo dependiente de la calidad de agua cruda (Ghurye, 2004).

## pH del Agua

El agua es un anfótero la cual puede operar como ácido y base, ya que tiene las cualidades de adaptar y dar protones, por lo tanto, la diferencia entre dos moléculas de agua es casi igual a la de un ácido y una base:



Ácido-1 Base-2    Base-1 Ácido-2

Que una solución se mantenga en equilibrio implica que se de un valor constante la cual afecta las concentraciones de sus productos. El tema de equilibrio químico y particularmente la formulación de las ecuaciones continuas de equilibrio, se puede entender que la autoionización del agua hay un valor llamado Kw:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \dots\dots\dots(2)$$

pH es solo un dato para realizar con las concentraciones de iones sin las complicaciones de conducir exponenciales negativos. Se puede operar con pOH que es el mejor logaritmo de

diferentes concentraciones de iones hidroxilo, el más común es hacer trabajos con pH y señalar a la concentración de protones o iones. El pH y pOH son relacionadas:

Agua pura:  $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$  pH = 7.0 .....(3)

Disolución ácida:  $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$  pH < 7.0 .....(4)

Disolución básica:  $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$  pH > 7.0 .....(5)

A mayor concentración de iones hidronio, en la disolución ácida, el exponente negativo de la concentración será menor ( $0.001 = 1.0 \times 10^{-3} > 0.000001 = 1 \times 10^{-7}$ ) por ende el valor de pH será menor. Lo opuesto sucede en la disolución básica, la concentración de iones hidronio es menor, el exponente negativo de la concentración es mayor y el valor de pH es mayor. La escala de pH empieza desde 0 a 14, la capacidad de agua de actuar como ácido y como base permite que todo un universo de posibles concentraciones de iones hidronio e hidroxilo, dependiendo de qué sustancia se disuelva en ella. (Monte, 2016).

## **Radiación Solar**

La radiación se divide desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, por lo que es un grupo de radiaciones electromagnéticas dadas por el sol. El sol manifiesta de una manera oscura que emite energía siguiendo las formulaciones dadas por Planck, de acuerdo a Planck se da a una temperatura de unos 6000 K. no consigue alcanzar la superficie de la tierra toda la radiación, debido a que están presentes las ondas ultravioletas cortas que son absorbidos por los gases de la atmósfera, principalmente debido al ozono. (Aparicio, 2010).

La radiación es medida por la magnitud que llega a la tierra es llamada irradiación, la cual es medida por la unidad de tiempo y la mayor proporción que alcanza a la tierra ( $\text{W/m}^2$ ). El sol es la que está más cerca de la tierra, sus interiores son inaccesibles a la observación de manera directa, las temperaturas máximas llegan a los 20 millones de grados para causar reacciones nucleares. (EcuRed, 2018).

## **Tipos de radiación**

**Radiación directa:** Esta radiación se caracteriza por realizar una sombra completa de las cosas opacas que la interceptan, la radiación que se da de manera directa proviene directamente de la radiación solar sin sufrir cambio.

**Radiación difusa:** Es aquella que va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y adsorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificio y suelo.

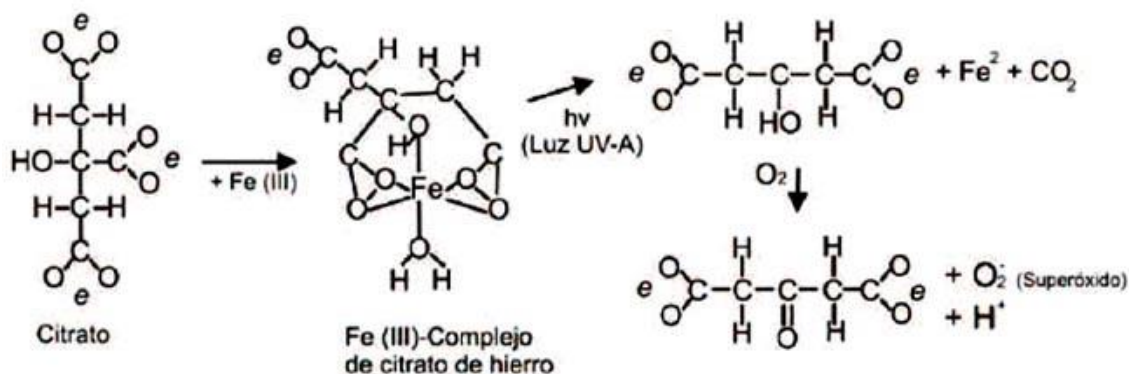
**Radiación reflejada:** Es la radiación que reflejada debido a la superficie terrestre, las superficies horizontales no absorben ninguna radiación debido a que no ven ninguna superficie terrestre por el contrario de las verticales que son las que más reciben.

## **RELACIÓN Fe/As**

La adsorción de arsénico sobre el hidróxido férrico fue estudiada para el arsenito y arseniato en un rango de pH de 4-9 variando la relación hierro/arsénico. El nivel de adsorción de arsenito en pH 4 y 7 fue señalando ser fuertemente dependiente de la concentración total de arsenito, y una mayor adsorción fue observada incrementando la relación Fe/As. (Hering, 2000).

La relación molar hierro/arsénico de 20 es suficiente para la remoción de arsénico en rango de pH de 6.1 a 7.2. Biseen (2003) consiguió que una relación molar de hierro/arsénico de 7 es suficientemente alta para niveles de arsénicos más bajos debajo del límite de concentración máxima actual para arsénico de 10µg/L para aguas crudas que tienen inicialmente arsénico solubles por debajo de 50µg/L con relación hierro/arsénico de 10 para el tipo de agua subterránea estudiada.

La adsorción y coagulación señalaron similares tendencias para remoción de arsénico mostrando que la adsorción sobre los hidróxidos recientemente precipitados del metal es un mecanismo significativo durante el proceso de coagulación y adsorción de arsénico llegando a ser más significativas en relaciones altas de hierro/arsénico, estudios para evaluar la adsorción-coprecipitación con hierro existente naturalmente en aguas subterráneas. También mostraron que la adsorción puede ser el mecanismo dominante cuando la relación de peso Fe/As es igual o mayor que 10 y observaron que la eficiencia de remoción de arsenito es influenciada fuertemente por la relación Fe/As (Bache, 2002), (Figura N°3).



Fuente: Rimachi, 2003.

Figura 3: Formación de anión superóxido por oxidación solar de citrato de hierro.

### EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO

Los métodos de coagulación y remoción con fe-citrato pueden transformar el arsénico soluble en productos insolubles de la reacción, y facilitar así su remoción del agua por filtración o sedimentación. Por ello la eficiencia de la remoción de dicho elemento depende de la remoción de arsénico soluble y de los particulados resultantes, los problemas con otros procesos pueden limitar la remoción de arsénico, es por ello que el impacto de dichos parámetros sobre la eficiencia y calidad de agua del proceso se debe considerar cuidadosamente. (Edwards, 2003).

### AGUAS SUBTERRÁNEA

Son aquellas aguas que se ubican por la parte de abajo de la superficie terrestre de la zona saturada, esta se da de manera natural por las lluvias, agua derretida de nieve, etc. Estas aguas se pueden ubicar en casi todos los lugares ya que puede estar profundo o superficial, pero esto varía según la región y sus características físicas, es un recurso muy importante para la agricultura y esencial para nuestra civilización ya que supone la mayor reserva de agua potable, cuando circulan por debajo de la tierra estas crean inmensos ductos y sistemas de cuevas, en diferentes sectores retornan a la superficie, regresando en manantiales. El movimiento, velocidad del agua subterránea y su dirección están planteadas por diferentes características de pozos llamados acuíferos y de las partes impermeables del suelo la cual esto se debe a la dificultad de penetrar. El agua subterránea tanto el almacenamiento y su flujo son afectados por dos prioridades que son la porosidad que se debe al espacio que ingresa por

el material que se da en caso de una habilidad de un acuífero para dar agua. Las rocas que están ubicadas en el subsuelo permiten que dichas aguas se trasladen de una forma relativamente libre, por lo que significa que pueden trasladarse a larga distancias en poco tiempo, el problema que se puede ver afectado es que se puede trasladar a acuíferos profundos. ( Murillo, 2018).

El agua subterránea cuando se encuentra en profundidades considerables mayormente es utilizada para la agricultura y la industria, ya que hay mayor probabilidad que contengan arsénico o uranio, estas aguas con mayor frecuencia se encuentran en regiones montañosas y tropicales.

### **ACUÍFEROS:**

Es un término que se utiliza en la geología para definir a las estructuras geológicas subterráneas que al estar saturadas alberga agua, permite el fácil desplazamiento del agua a través de diferentes grietas de la porosidad de su estructura, se caracteriza por tener una importante permeabilidad, extensión y espesor. Estos cuerpos de agua pueden ubicarse almacenados dentro de una roca circundante también llamado acuífero confinado, también se le llama acuífero no confinado aquella que puede encontrarse dentro de una capa de agua colmada de arena, estos acuíferos son utilizados para la agricultura y consumo industriales. (El financiero, 2015).

### **ARSÉNICO EN EL AGUA:**

Es un semi-metal también considerado metaloide, sus propiedades varían si se mezclan tanto metal y no metales. El arsénico se origina de manera natural o por actividades humanas, se da tanto en el mar como en la tierra.

Es uno de los elementos muy común en las rocas que están en la corteza terrestre expuestas en diferentes fuentes naturales expuestas, por lo que también están ubicadas en las aguas salobres profundas utilizadas usadas para producir aceite y gas natural.

El arsénico y las diferentes fuentes se deben al uso continuo de químicos como los pesticidas y la dispersión de las actividades mineras cuando extraen el plomo, oro y combustión de carbón.

Los efluentes industriales que son partícipes de la propagación de arsénico en la fuente de agua en ciertos sectores. El arsénico que se produce de forma natural se disuelve en las formaciones rocosas cuando el grado del agua subterránea es extremadamente baja. En las aguas superficiales contaminados con arsénico ingresan a las aguas subterráneas mediante el flujo de las precipitaciones, derritiendo los nevados.

Las aguas superficiales en la actualidad son uno de las mayores fuentes que consume la mayoría de las personas. El arsénico es uno de los elementos más abundantes por lo que se da de manera natural en concentraciones muy elevadas en las aguas subterráneas en diferentes localidades. En el ecosistema se encuentra disperso variedades de minerales. Por consiguiente. Hay presencia de compuestos químicos y emisiones de arsénico en el ambiente debido a las actividades biológicas, por otro lado, las actividades antropogénicas liberan arsénico mediante agentes químicos producidos por la agricultura. (Moreno, 1999).

### **Normativa Peruana de Agua para Consumo Humano**

El agua es fundamental en la vida de las personas y mas cuando se trata para el consumo humano, es por ello que se debe cumplir con los estándares y disposiciones legales nacionales, por lo tanto, los Límites Máximos Permisibles (LMP) del cuerpo receptor en este caso el agua para consumo humano, si bebemos agua en grandes cantidades pueden causar daño y múltiples enfermedades a la salud. Según el reglamento de la calidad de agua para consumo humano del D.S. N° 031-2010-SA los Límites de arsénico en el agua es de 0.010 mgAs/L

### **Consecuencias del Arsénico en el agua para consumo**

El arsénico se puede hallar de forma orgánica e inorgánica. Los compuestos inorgánicos que mayormente se hallan en el agua son altamente tóxicos, por otro lado, el arsénico que se encuentra de manera orgánica es menos perjudicial para la salud. (Flanagan, 2012).

Debido a que se produce múltiples enfermedades por este metal, los síntomas de intoxicación agua incluyen vómito, dolor abdominal y diarrea. Según el tiempo transcurrido surgen otros efectos, en las cuales está las enfermedades de las manos y pies, si estos síntomas no son tratados puede ser perjudicial incluso llevarte a la muerte. Ante los elevados grados de arsénico inorgánico que se da por medio del consumo de agua u otros productos se puede ver que en lo general sufre cambios en la piel. Estas enfermedades se originan después de una exposición pequeña de aproximación en un periodo de 5 años por lo que se puede generar cáncer a la piel, cáncer a la vejiga. El arsénico es calificado como cancerígenos para los seres

humanos según la Organización mundial de la Salud. El arsénico en agua que beben las personas esta incluido en la categoría. (Flanagan, 2012).

#### **1.4. Formulación del problema**

##### **1.4.1. Problema general**

¿Cuál será la reducción de arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, Taparachi, Juliaca, 2018?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

1. ¿Cuál será el nivel de reducción del arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, si la concentración inicial es de 200 mg de As/L y 1,3 mL de jugo de limón, Taparachi, Juliaca, 2018?
2. ¿Cuál será la característica fisicoquímica del agua subterránea luego de su aplicación en la reducción de arsénico mediante alambre de hierro, Taparachi, Juliaca, 2018?
3. ¿Cuál será el tiempo óptimo de irradiación solar para la reducción de arsénico en las aguas subterráneas de Taparachi, Juliaca, 2018?

## **1.5. Justificación del estudio**

La presente investigación propuesta busca mediante la aplicación de la teoría de conceptos básicos sobre la utilización de energías renovables, evaluar la efectividad de la remoción de arsénico por oxidación solar en las aguas subterráneas de Taparachi – Juliaca, la cual también es determinar el nivel de remoción de arsénico en agua; un recurso hídrico importante para los habitantes aledaños al lugar, ya que es un problema actual que afecta a miles de personas.

El gobierno regional de la zona de Taparachi podrá implementar un método de conexión de agua potable, o a mayor escala construir una planta de tratamiento de agua, esto conlleva que el aumento en la tasa de natalidad y la creciente demanda de agua potable en las ciudades, tiene implicancia importante en el uso del agua dulce y la gestión de aguas residuales, Actualmente en la ciudad de Juliaca en un pueblo llamado Taparachi se viene ingiriendo estas aguas contaminadas con arsénico, por lo que los pobladores optan por vertir una cierta cantidad de cloro para después poder ingerirlo, pese a que los pobladores tienen conocimiento de que se están envenenando lentamente por los excesos de arsénico que tiene concentrado el agua, no pueden hacer nada ya que es un pueblo muy pobre y no tienen la economía suficiente para poder instalar un sistema de agua.

La investigación planteada promueve la aplicación de este proceso para reducir arsénico en las aguas subterráneas, la cual se le brindará una solución práctica y económica a la zona de Taparachi Juliaca, actualmente hay una mayor demanda del recurso hídrico es por ello que es importante buscar soluciones para poder reaprovecharlo ya que la población incrementa cada día más y este recurso se agota, el reaprovechamiento de este recurso hídrico es de suma importancia la cual beneficiara a los pobladores y mantendrá un medio ambiente equilibrado.



## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La reducción de arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones será una alternativa para disminuir este contaminante, Taparachi, Juliaca, 2018.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

1. La reducción del arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro con una concentración inicial de 200 mg de As/L y 1.3 ml de jugo de limón se dará en un nivel significativo por de bajo de los LMP.
2. La característica físico química del agua luego de su aplicación en la reducción de arsénico será óptima para regadío.
3. El tiempo óptimo de irradiación solar en la reducción de arsénico en las aguas subterráneas de Taparachi será de 8h.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Determinar la reducción de arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, Taparachi, Juliaca, 2018.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- 1- Determinar el porcentaje de reducción del arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes si la concentración inicial es de 200 mg de As/L y 1.3 mL de jugo de limón, Taparachi, Juliaca, 2018.
- 2- Determinar la característica fisicoquímica del agua subterránea luego de su aplicación en la reducción de arsénico mediante alambre de hierro.
- 3- Determinar el tiempo óptimo de irradiación solar para la reducción de arsénico mediante alambre de hierro en las aguas subterráneas de Taparachi, Juliaca.

## **II. METODO**

### **2.1 Diseño de investigación**

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo cuantitativo, por la naturaleza de los datos, ya que se realiza la medición de la variable antes y después del proceso, Según Hernández, (2014). Posee un enfoque cuantitativo ya que se emplea una serie de técnicas con el objetivo de almacenar, procesar y analizar los datos e información para la veracidad de la información.

#### **2.1.2. Diseño de investigación**

De acuerdo a la investigación realizada, se define como diseño experimental, ya que se manipula la variable independiente, el diseño es transeccional ya que se va llevar acabo en un periodo dichas variables de estudio. “Los datos son recolectados en un solo momento y en un determinado tiempo único con el fin de definir las variables y analizar su relación en un determinado momento” (Hurtado, 2007).

#### **2.1.3. Nivel de investigación**

La presente investigación es de nivel explicativo, debido que pretende ser ejecutado luego de apreciar el comportamiento de la variable en función a la otra variable en una investigación. Según (Hernández, 2010) “Los estudios explicativos superan la descripción de teorías o fenómenos del establecimiento de relaciones en la igualdad de conceptos, quiere decir que están obligados a responder las causas generadas de los eventos y fenómenos físicos y sociales”.

## 2.2. Variables de Operacionalización

Tabla 2

VARIABLE - I	DEFINICIÓN CONCEP- TUAL	DEFINICIÓN OPERACIO- NAL	DIMENSIONES		INDICADORES	ESCALA
Alambre de Hierro	Hilo delgado que se ad- quiere por el estiramiento de hierro tipo B, esta creado por la chatarra, mineral de hierro y carbono. (Gerdau, 2015).	Se utilizará diferentes con- centraciones de alambre de hierro, 6kg y 8kg para el pro- ceso.	DOSIS	Alambre de Hierro	Dosis 1	6 gr.
				Jugo de Li- món	Dosis 2	8 gr.
					Dosis 1	1.3 mL
			Tiempo de Radiación So- lar		Tiempo 1	°C
					Tiempo 2	°C
			Arsénico en agua	El arsénico se presenta de manera natural en niveles muy altos en el agua por lo que es muy tóxico en su forma inorgánica. (OMS, 2017).	La disminución de arsénico, será medida por Espectro- metría de adsorción ató- mica, instrumento que mide la concentración de los me- tales.	Característica físicoquí- mica del agua
Porcentaje de reducción de arsénico		Arsénico Total				Mg/L

Fuente: Elaboración Propia.

## **2.3. Población y Muestra**

### **2.3.1. Población**

La población es el agua subterránea extraída del pozo ubicado en la ciudad de Juliaca, Taparachi sector 3 jirón Aliaga.

### **2.3.2. Muestra**

En la presente investigación la muestra está conformada por 13 litros de arsénico en agua que se extraerá de las aguas subterráneas de la Ciudad de Juliaca en el pueblo de Taparachi.

### **2.3.3. Muestreo**

Se utilizará el diseño de muestro Probabilístico aleatorio simple ya que tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra en este caso las aguas subterráneas de la ciudad de Juliaca en el pueblo de Taparachi.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas**

Para el presenta trabajo de investigación se empleará la observación científica. (Tabla N° 3),

Tabla N°3: Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTOS DE LABORATORIO</b>
Espectrometría de absorción Atómica	Calibración: BHIOS LABOTARIO- Arequipa
Peso del alambre de hierro	Balanza analítica Calibración: Universidad César Vallejo
pH del Agua	Peachímetro (Ácido, básico o neutro) Calibración: BHIOS LABOTARIO- Arequipa
Radiación Solar	Estación meteorológica de Juliaca

Fuente: Elaboración propia.

### **1) Fuentes Primarias:**

Se creará una recolección de datos para comprobar la efectividad de la investigación, de igual manera, se utilizará la investigación estructurada con el objetivo de probar las hipótesis, por lo que se formulan los diferentes instrumentos de medición para la recolección de datos.

### **2) Fuentes Secundarias:**

Los datos adquiridos serán apuntados en un block de notas, por otro lado, las fichas bibliográficas permitirán comparar y anotar los datos de los artículos y tesis que se manejarán en el tiempo que dure el proceso de investigación.

Se manipulará tesis que tengan relación con el objetivo del proyecto, las cuales se basaran por los trabajos previos para entender y comprender el panorama de la realidad problemática del estudio basado en las teorías

#### **2.4.2. Instrumentos**

##### **➤ Ficha de la Ubicación de la Ciudad de Juliaca**

##### **➤ Ficha de Registro de control de pesos:**

Su aplicación se usará para registrar los diferentes pesos del alambre de hierro que serán utilizados en el proceso para la reducción de arsénico.

##### **➤ Ficha de registro de la Irradiación Solar**

Se aplicará para registrar los diferentes tiempos expuestos la muestra a la irradiación solar, por lo cual también se medirá en °C.

##### **➤ Ficha de Custodia de Análisis de agua con arsénico**

Se aplicará para registrar las 13 muestras de agua con arsénico, la cual se observará sus características fisicoquímicas, estudio base y estudio final de la cantidad de remoción.

## 2.5. Métodos de análisis de datos

### 2.5.1. Etapa 1:

Llegada a la ciudad de Juliaca y observar la problemática en dicha ciudad, como se puede observar en las imágenes, no cuentan con un sistema básico de agua y desagüe por lo que a las afueras de sus viviendas construyen un área pequeña para que sirva de servicios higiénicos y obtén por aun construir posos tubulares. (Figura 4).



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4: Llegada y reconocimiento a la ciudad de Juliaca-Taparachi.



## Etapa 2:

Reconocimiento del área a muestrear en la ciudad de Juliaca – Taparachi Sector 3 jirón Aliaga, poso de aproximadamente 3 metros, por lo que se extrajo 500 mL para la primera muestra, se pudo observar que el agua era incoloro sin olores fecales entre otros. (Figura 5)



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5: Extracción de la muestra de agua en la ciudad de Juliaca-Taparachi.

### Etapa 3:

Resultados obtenidos gracias a BHIOS LABORATORIO, la cantidad de Arsénico en agua subterránea extraída en la ciudad de Juliaca – Taparachi Sector 3 jirón Aliaga, es de 0.06 mg/ L con un pH de 7.1, por lo que sobrepasan lo establecido por la OMS y D. S. N° 031-2010 S. A. (Figura 6).

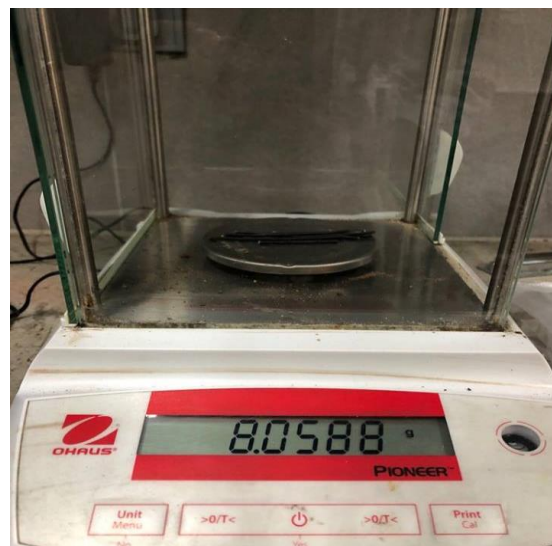


Fuente: BHIOS Laboratorios, 2018.

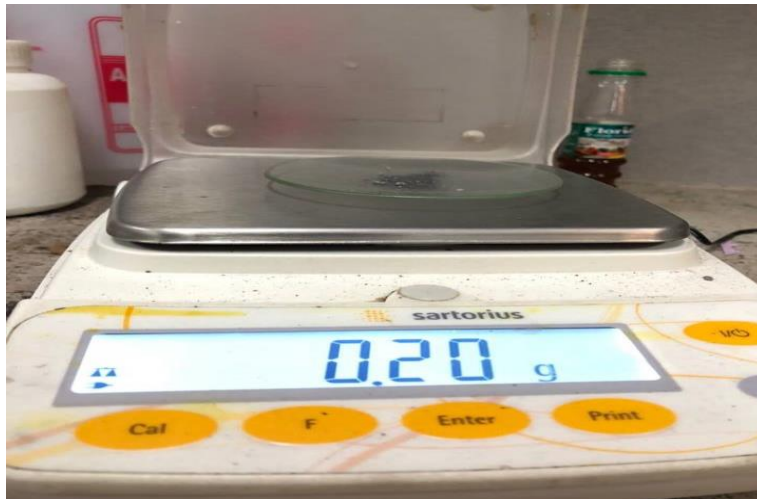
Figura 6: Resultados del laboratorio BHIOS.

### Etapa 4:

Se trabajó con muestras homogéneas para obtener una mayor exactitud en la cantidad de arsénico que puede reducir el alambre de hierro. 2 gramos de As por Litro de agua, variación en la cantidad de alambre 6 y 8 gramos previamente lijados.





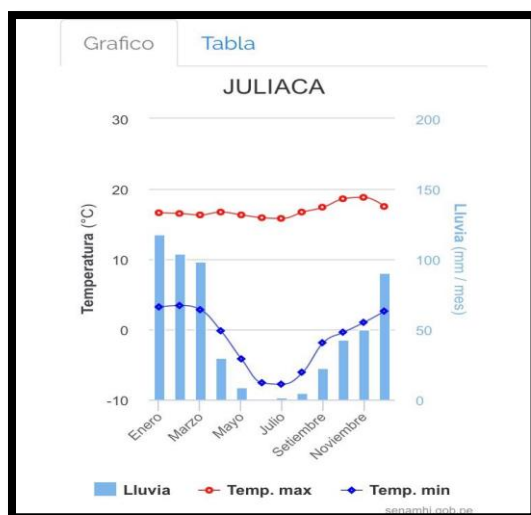


Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7: Peso del alambre de hierro y Arsénico.

### Etapa 5:

Se realizó el proceso para la remoción de arsénico en agua subterránea, la cual se necesitó 2 botellas de litro y medio transparente, se añadió 1.3 mL de jugo de limón, alambre de hierro de 6 y 8 gramos en diferentes envases previamente lijados, se midió el pH inicial del agua la cual fue de 7, luego los envases fueron tendidos en el suelo en forma horizontal sobre una bolsa de color negro, esperando que transcurra el tiempo de 6 y 8 Horas a una temperatura de 21°C.



Fuente: Senamhi, 2018.

Figura 8: Medición del jugo de limón y Temperatura.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 9: Medición del pH inicial y aplicación del proceso.

#### **Etapas 6:**

Transcurridos las 6 y 8 horas se puede observar cómo se van formando pequeños grumos de color negro y el color del agua se vuelve medio amarillento por la oxidación del alambre, se coloca los envases en forma vertical para que pueda sedimentar, luego extraer la muestra para mandar analizar el pH y la cantidad de arsénico. (Figura 10)







Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10: Sedimentación de la oxidación de Fe y extracción de la muestra.

### **Etapas 7:**

Se fabricó un filtro usando la mayoría de objetos empleados en el anterior proceso (malla de hierro, trozo de tela y algodón) en este proceso no se midió pH final, solo concentración de arsénico trabajando con 0.2 gramos. Posteriormente vertí agua amarillenta de la antigua muestra y el agua salió incoloro como se puede observar en las imágenes. (Figura 11)





Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11: Filtro de Hierro y previo tratamiento.

## **2.6. Aspectos éticos**

- Como autor del proyecto de investigación aportará nuevos conocimientos basados en información y asesoramiento técnico.
- El proyecto de tesis se ha elaborado respetando las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes estudiadas.

### III. RESULTADO

Tabla 4: Remoción de arsénico mediante alambre de hierro e irradiación solar.

Muestra de Ar-sénico 2000 Mg/L	Cantidad de Alambre de hierro (gr)	Tiempo de Irradiación (h)	Concentración inicial de arsénico (mg/L)	Concentración Final de arsénico (mg/L)	Porcentaje de remoción (%)
M1	6 gr	6h	200	47.17	97.6
M2	8 gr	6h	200	41.43	97.9
M3	6 gr	8h	200	33.03	98.3
M4	8 gr	8h	200	28.98	98.5

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla número 4 se observa los promedios de los resultados obtenidos en la primera etapa después del proceso de remoción de arsénico mediante el uso de alambre de hierro en las aguas subterráneas de la ciudad de Juliaca- Tarachi, que tuvo inicialmente 200 mg/L de Arsénico, se puede visualizar que la muestra número 4 tiene 98.5% de remoción de arsénico usando 8kg de alambre de hierro y expuesto a la irradiación solar por 8 horas, removiendo 171.02 mg/ As.

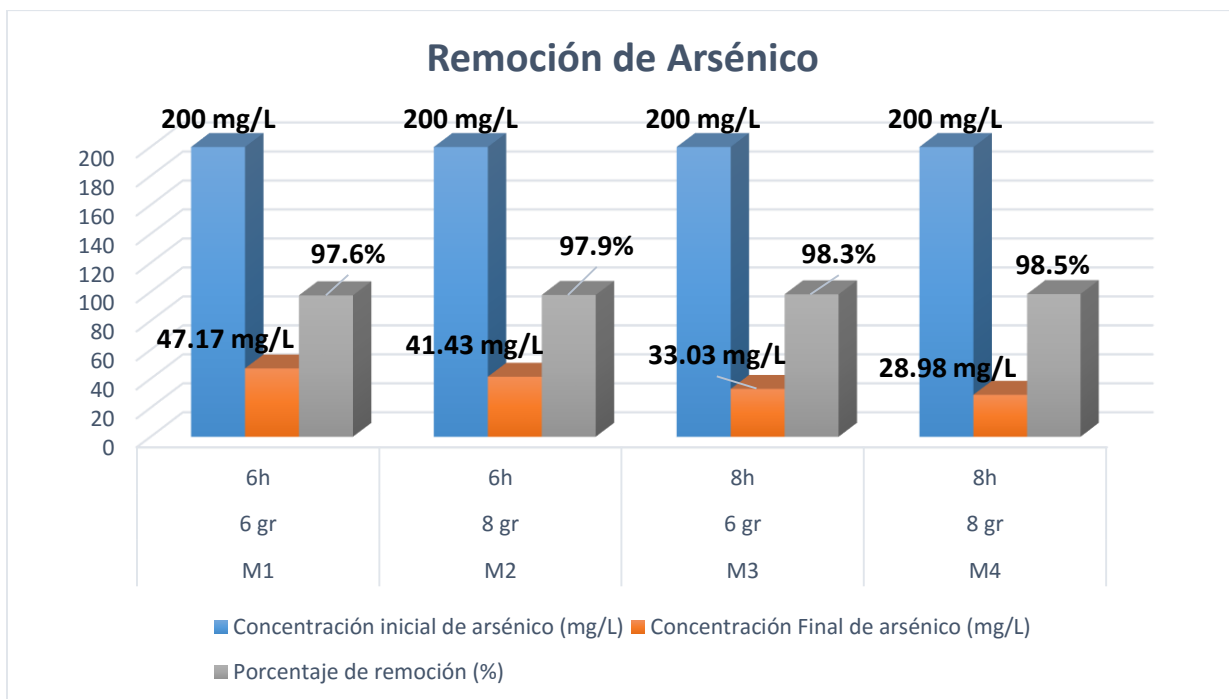
Mientras que la muestra 3 tiene un porcentaje de 98.3% con 6kg de alambre y expuesta a 8h a la irradiación solar, reduciendo 1966.97 mg/As, casi igual que la muestra 4.

Tabla 5: Tabla de pH inicial y final del proceso de remoción de arsénico.

Muestra	Tiempo de irradiación	Temperatura °C	Alambre (Gramos)	Jugo de Limón	pH Inicial	pH Final
M1	6 h	21°C	6 gr	1.3 mL	7	6.8
M2	8 h	21°C	8 gr	1.3 mL	7	6.7
M3	6 h	21°C	6 gr	1.3 mL	7	6.3
M4	8 h	21°C	8 gr	1.3 mL	7	6.4

Fuente: Elaboración Propia.

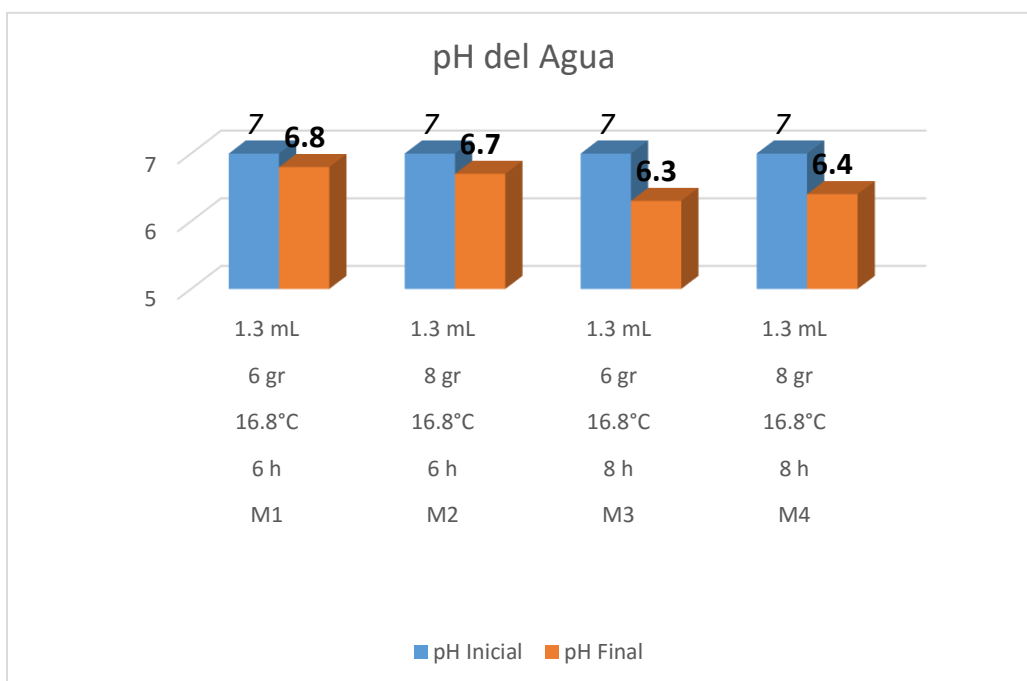
En la tabla 5 contiene los datos obtenidos de la caracterización del agua recolectada en la ciudad de Juliaca-Taparachi, con una temperatura de 21 °C, se puede observar que el pH inicial del agua es de 7, después del proceso el pH tiende a bajar por la oxidación del Fe y el jugo de limón de 1.3 mL, Se puede observar en la tabla 4 que la muestra 4 tiene un 98.5% de remoción de arsénico pero con un pH final de 6.4.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12: Concentración inicial y Final en porcentaje de remoción de arsénico.

En la figura 12 se muestra que el mayor porcentaje de remoción de arsénico fue la muestra 4 con un 98.5% expuesto a 8h a la irradiación solar.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Resultados de pH inicial y Final del agua.

En la figura 13 se puede observar que la muestra 4 tiene un pH final de 6.4, por debajo de los Límites máximos permisibles.

Tabla 6: Segunda repetición, Remoción de arsénico mediante alambre de hierro e irradiación solar.

Muestra de Ar-sénico2000 Mg/L	Cantidad de Alambre de hierro (gr)	Tiempo de Irradiación (h)	Concentración inicial de arsénico (mg/L)	Concentración Final de arsénico (mg/L)	Porcentaje de remoción (%)
M1	6 gr	6h	200	37.75	98.1
M2	8 gr	6h	200	34.45	98.2
M3	6 gr	8h	200	34.01	98.2
M4	8 gr	8h	200	33.65	98.3

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6 muestra que los resultados obtenidos en la segunda repetición después del proceso de remoción de arsénico mediante el uso de alambre de hierro en las aguas subterráneas de la ciudad de Juliaca- Tarachi, que tuvo inicialmente 200 mg/L de Arsénico, se puede visualizar que la muestra número 4 tiene 98.3% de remoción de arsénico usando 8kg de alambre de hierro y expuesto a la irradiación solar por 8 horas, removiendo 166.35 mg/ As.

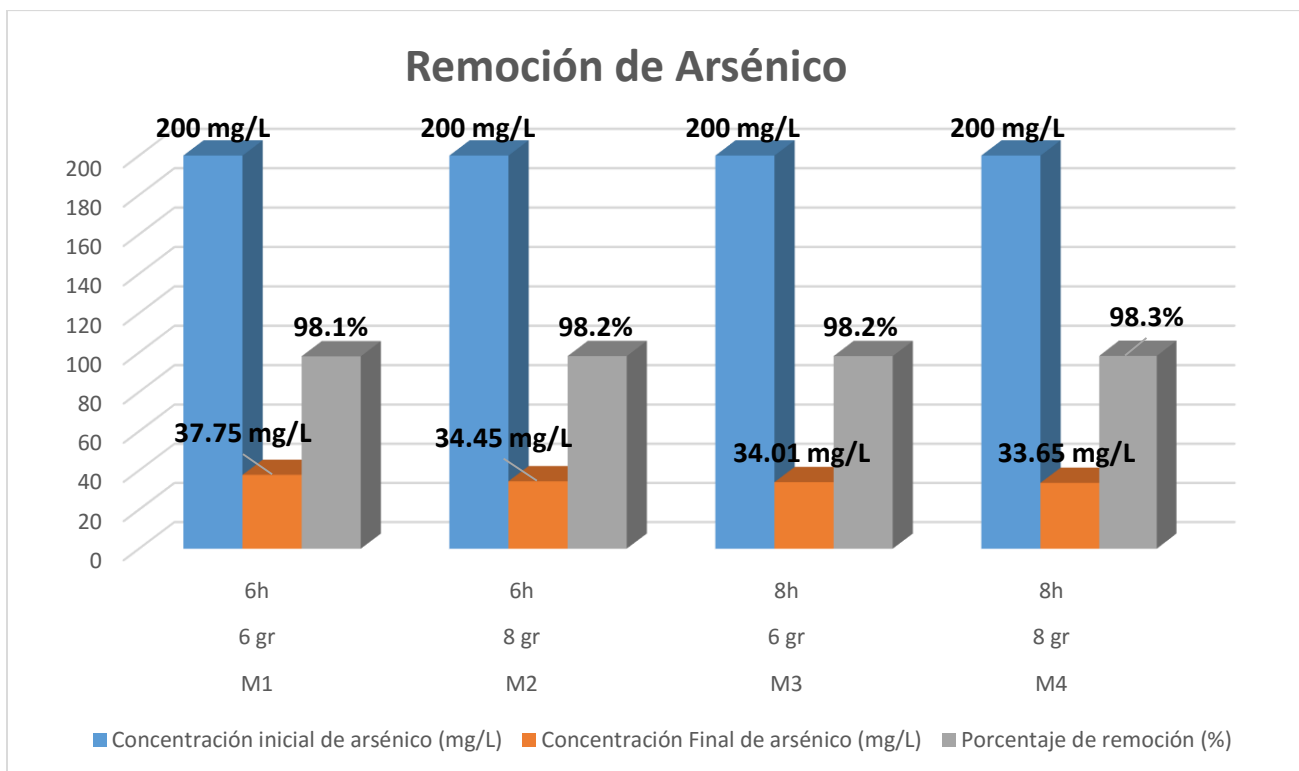
Mientras que la muestra 3 tiene un porcentaje de 98.2% con 6kg de alambre y expuesta a 8h a la irradiación solar, reduciendo 165.99 mg/As, casi igual que la muestra 4.

Tabla 7: Segunda repetición, Tabla de pH inicial y final del proceso de remoción de arsénico.

Muestra	Tiempo de irradiación	Temperatura °C	Alambre (Gramos)	Jugo de Limón	pH Inicial	pH Final
M1	6 h	19°C	6 gr	1.3 mL	7	6.5
M2	6 h	19°C	8 gr	1.3 mL	7	6.4
M3	8 h	19°C	6 gr	1.3 mL	7	6.3
M4	8 h	19°C	8 gr	1.3 mL	7	6.2

Fuente: Elaboración propia.

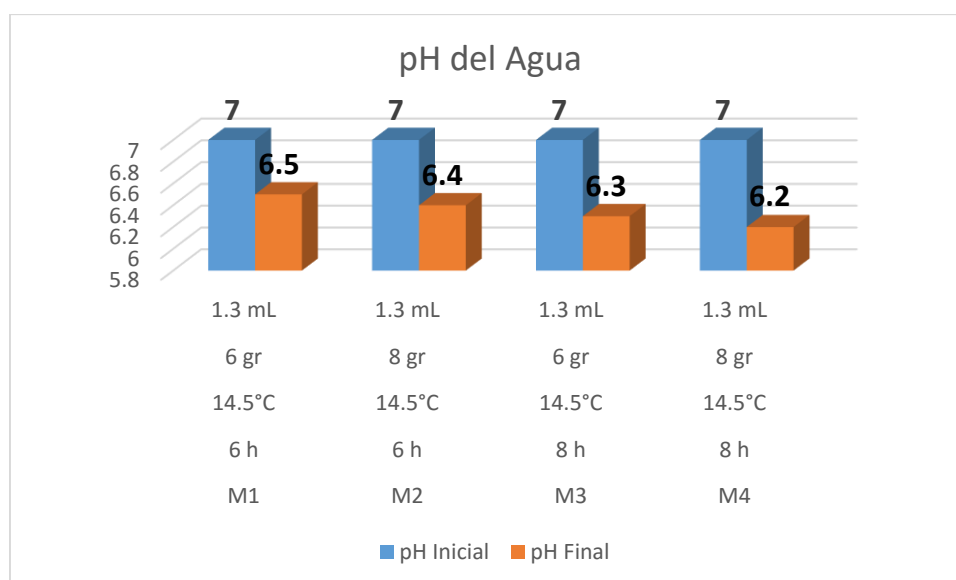
La tabla 7 contiene los datos obtenidos de la caracterización del agua recolectada en la ciudad de Juliaca-Taparachi, con una temperatura de 19 °C, se puede observar que el pH inicial del agua es de 7, después del proceso el pH tiende a bajar por la oxidación del Fe y el jugo de limón de 1.3 mL, Se puede observar en la tabla 6 que la muestra 4 tiene un 98.3% de remoción de arsénico pero con un pH final de 6.2.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14: Segunda repetición de la concentración inicial y final en porcentaje de remoción de arsénico.

En la figura 14 se muestra que el mayor porcentaje de remoción de arsénico fue la muestra 4 con un 98.3% expuesto a 8h a la irradiación solar.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: Segunda repetición de los resultados de pH inicial y Final del agua.



En la figura 15 se puede observar que la muestra 4 tiene un pH final de 6.2, por debajo de los Límites máximo permisibles.

Tabla 8: Tercera repetición, Remoción de arsénico mediante alambre de hierro e irradiación solar.

Muestra de Ar-sénico 2000 Mg/L	Cantidad de Alambre de hierro (gr)	Tiempo de Irradiación (h)	Concentración inicial de arsénico (mg/L)	Concentración Final de arsénico (mg/L)	Porcentaje de remoción (%)
M1	6 gr	6h	2000	38.02	98
M2	8 gr	6h	2000	31.83	98.4
M3	6 gr	8h	2000	36.4	98.18
M4	8 gr	8h	2000	29.32	98.5

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 8 muestra que los resultados obtenidos en la segunda repetición después del proceso de remoción de arsénico mediante el uso de alambre de hierro en las aguas subterráneas de la ciudad de Juliaca- Tarachi, que tuvo inicialmente 200 mg/L de Arsénico, se puede visualizar que la muestra número 4 tiene 98.5% de remoción de arsénico usando 8kg de alambre de hierro y expuesto a la irradiación solar por 8 horas, removiendo 170.68 mg/ As.

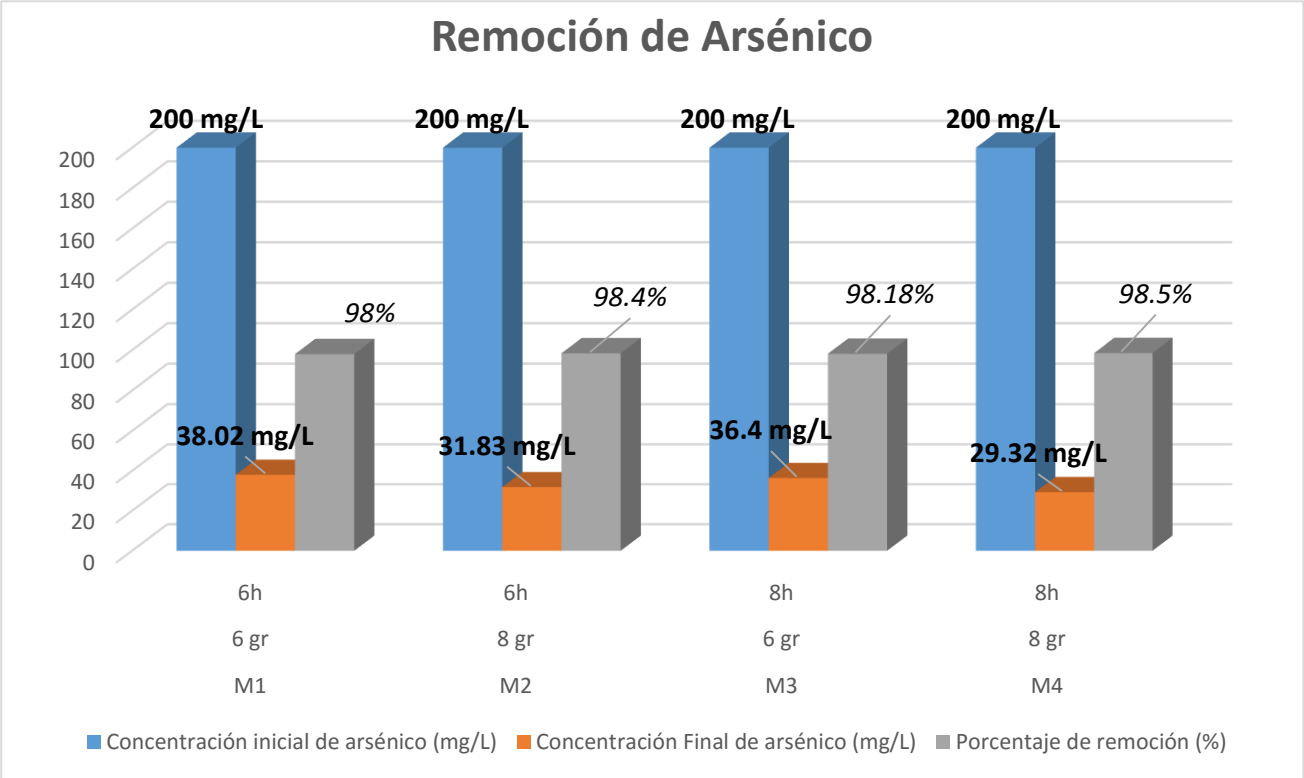
Mientras que la muestra 2 tiene un porcentaje de 98.4% con 8kg de alambre y expuesta a 6h a la irradiación solar, reduciendo 165.99 mg/As, casi igual que la muestra 4.

Tabla 9: Tercera repetición: Tabla de pH inicial y final del proceso de remoción de arsénico. Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Tiempo de irradiación	Temperatura °C	Alambre (Gramos)	Jugo de Limón	pH Inicial	pH Final
M1	6 h	21°C	6 gr	1.3 mL	7	6.6
M2	6 h	21°C	8 gr	1.3 mL	7	6.4
M3	8 h	21°C	6 gr	1.3 mL	7	6.5
M4	8 h	21°C	8 gr	1.3 mL	7	6.1

La tabla 9 contiene los datos obtenidos de la caracterización del agua recolectada en la ciudad de Juliaca-Taparachi, con una temperatura de 21 °C, se puede observar que el pH inicial del agua es de 7, después del proceso el pH tiende a bajar por la oxidación del Fe y el

jugo de limón de 1.3 mL, Se puede observar en la tabla 8 que la muestra 4 tiene un 98.5% de remoción de arsénico pero con un pH final de 6.1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Tercera repetición de la concentración inicial y final en porcentaje de remoción de arsénico

En la figura 16 se muestra que el mayor porcentaje de remoción de arsénico fue la muestra 4 con un 98.5% expuesto a 8h a la irradiación solar.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Tercera repetición de los resultados de pH inicial y Final del agua.

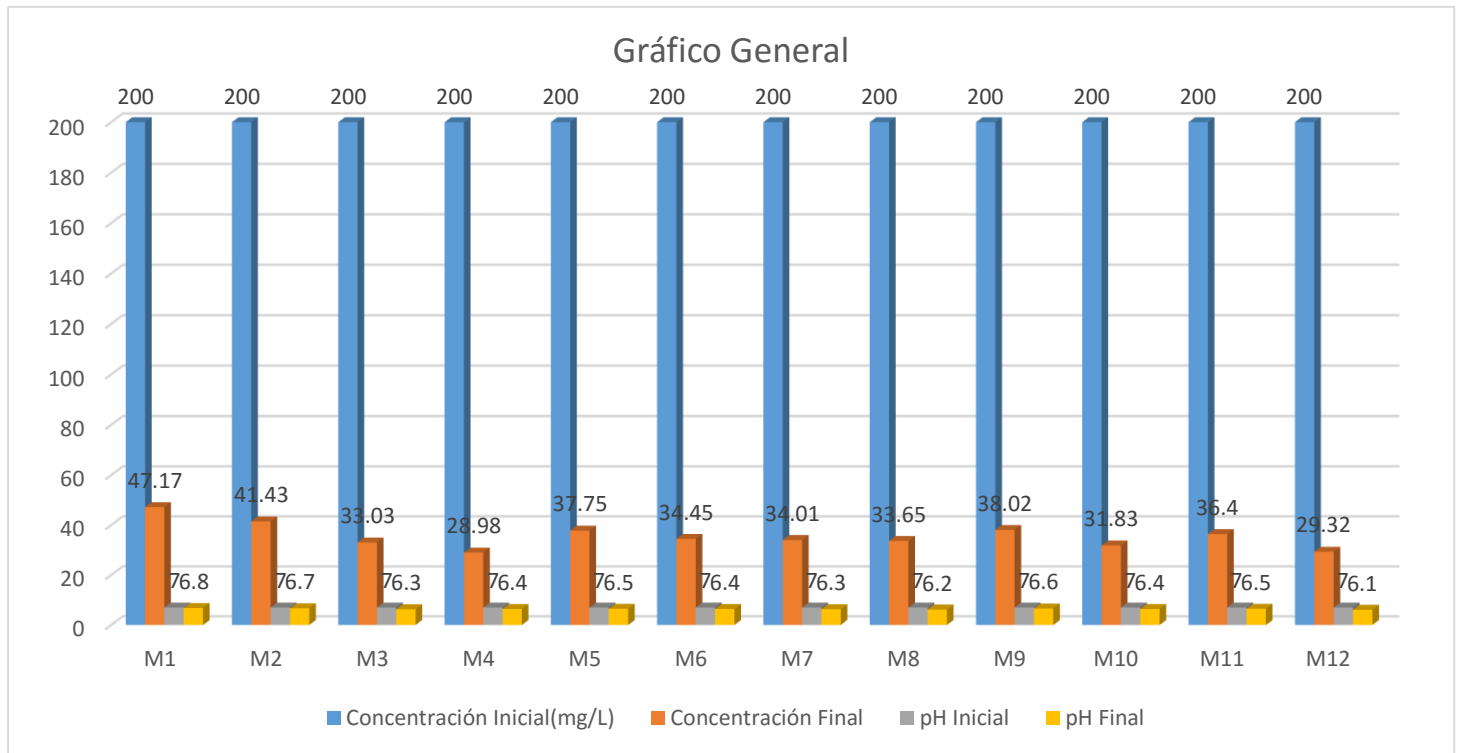
En la figura 17 se puede observar que la muestra 4 tiene un pH final de 6.1, por debajo de los Límites máximo permisibles.

Tabla 10: Cuadro de concentraciones inicial y final de remoción de arsénico y pH, comparado con los LMP.

Muestra	Concentración Inicial(mg/L)	Concentración Final	Límites Máximos Permisibles	pH Inicial	pH Final	LMP pH
M1	200	47.17	0.01	7	6.8	6.5-8.5
M2	200	41.43	0.01	7	6.7	6.5-8.5
M3	200	33.03	0.01	7	6.3	6.5-8.5
M4	200	28.98	0.01	7	6.4	6.5-8.5
M5	200	37.75	0.01	7	6.5	6.5-8.5
M6	200	34.45	0.01	7	6.4	6.5-8.5
M7	200	34.01	0.01	7	6.3	6.5-8.5
M8	200	33.65	0.01	7	6.2	6.5-8.5
M9	200	38.02	0.01	7	6.6	6.5-8.5
M10	200	31.83	0.01	7	6.4	6.5-8.5
M11	200	36.4	0.01	7	6.5	6.5-8.5
M12	200	29.32	0.01	7	6.1	6.5-8.5

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10 se puede visualizar la comparación con los límites máximos permisibles y las muestras elaboradas, en tres repeticiones, en donde se obtuvo que 5 de 12 muestras cumplen con la normativa de pH de agua, en el tema de remoción de arsénico cumpliría significativamente las 15 muestras ya que si nos enfocamos en 0.06 mg/L de arsénico que se encuentra en la ciudad de taparachi- Juliaca, todas las muestras estarían por debajo de los LMP.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18: Porcentaje total de las 12 muestras.

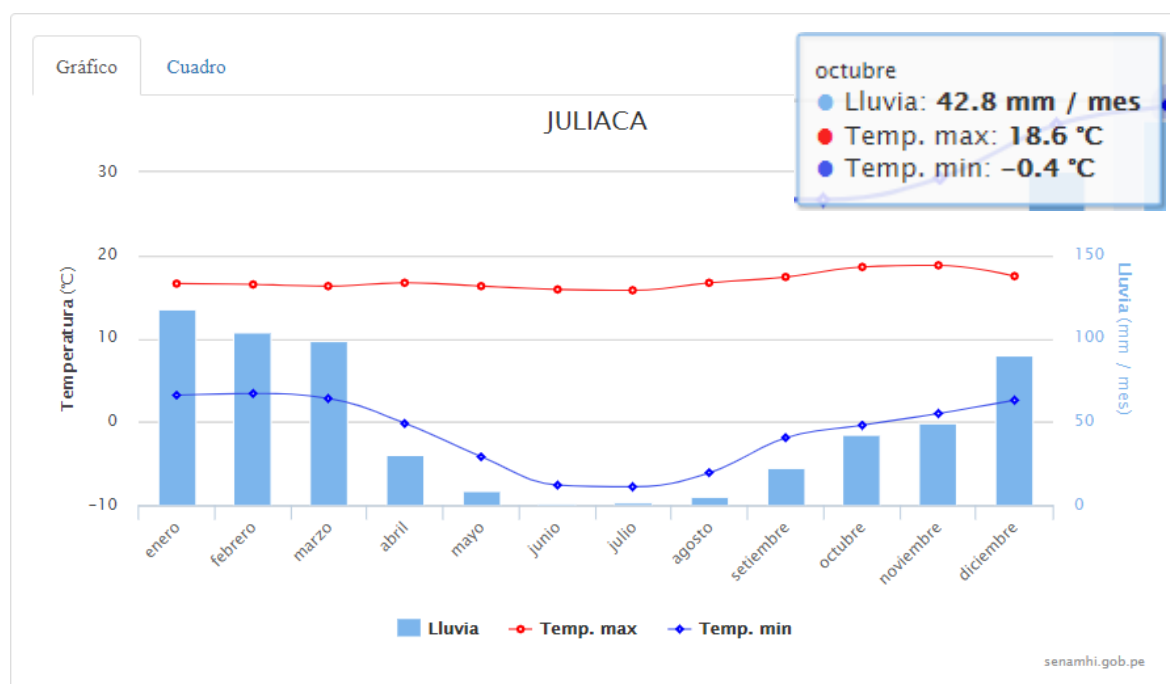
En la figura 18 se puede visualizar las 12 muestras, contiene la concentración inicial y final del arsénico y pH, la muestra optima es la muestra 11 ya que tiene 98.18% de remoción de arsénico reduciendo 163.6 mg/As con un pH de 6.5, la cual está dentro de los límites máximos permisibles.

Tabla 11: Estación Juliaca – Meteorología.

Estación : JULIACA , Tipo Automtica - Meteorológica								
Departamento : PUNO			Provincia : SAN ROMAN			Distrito : JULIACA		Ir : 2018-10 ▾
Latitud : 15° 28' 15.8"			Longitud : 70° 10' 16.4"			Altitud : 3826		
Día/mes/año	Temperatura (°c)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presion (mb)	Velocidad del Viento (m/s)	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-10-2018	9.38	20.3	-4.6	33.96	0	644.94	2.69	298
02-10-2018	9.91	19.9	-.8	42.96	0	645.18	2.33	292
03-10-2018	9.41	18.2	-.3	54.04	0	644.91	2.61	250
04-10-2018	8.53	15.6	-.6	64.08	0	645.52	2.16	350
05-10-2018	9.83	16.9	5.4	63.96	11.7	645.4	2.2	336
06-10-2018	8.67	16.7	4.4	78.96	15.9	645.08	1.68	311
07-10-2018	8.48	13.6	5.9	76	1.9	645.63	2.41	255
08-10-2018	8.99	16.3	2.9	54.38	0	645.36	1.77	291
09-10-2018	9.87	17.5	2.3	54.79	0	644.49	1.5	241
10-10-2018	10.95	18.4	5.2	56.17	5	644.12	2.26	258
11-10-2018	9.85	15.8	6.3	66.33	1.2	644.81	2.31	357
12-10-2018	8.89	14.9	4.9	69.42	1	645.41	2	167
13-10-2018	9.51	15	6.8	74	0	645.81	2.08	270
14-10-2018	10.23	16.8	4.9	66.42	0	645.49	3.52	82
15-10-2018	8.69	14.5	5.7	77.29	1.4	645.55	1.9	266
16-10-2018	9.51	16.1	3	70.46	1	644.5	2.66	314
17-10-2018	10.02	18.4	2.2	64.92	2.2	644.65	2.27	47
18-10-2018	10.28	16.9	3.6	67.25	.1	645.06	1.84	277
19-10-2018	9.86	17.5	5.8	69.63	.1	645.21	2.68	107
20-10-2018	9.4	15.5	5.6	73.29	1.4	644.8	1.87	335
21-10-2018	10.23	18.2	2.9	64.71	0	643.75	1.85	71
22-10-2018	10.48	18.7	1.3	64.25	.2	643.53	2.28	295
23-10-2018	11.5	17.5	7.8			281.61	527.96	287
24-10-2018	8.73	17.1	1.8	65.43		625.01		292
25-10-2018	8.84	14	5.1	78.47	.6	644.39	1.72	274
26-10-2018	9.54	17.7	2.9	67.16	0	644.29	1.99	152
27-10-2018			3.5			127.93	289.84	342
28-10-2018	10.9	19.6	.9	43.05	0	644.41	1.91	280
29-10-2018	10.39	19.6	-.3	46.05	0	644.41	2.41	291
30-10-2018	10.87	19.7	.8	58.67	0	644.91	2.34	284
31-10-2018	12.47	19.2	7.2	53.71	0	645.68	2.77	74

Fuente: SENAMHI – Oficina de Estadística, 2018.

En la tabla 11 se muestra las estadísticas de la temperatura, las repeticiones se hicieron en los días 14, 15 y 16 de octubre por lo que la temperatura varía en 16.8 °C, 14.5 °C y 16.1 °C.



Fuente: SENAMHI – Oficina de Estadística, 2018.

Figura 19: Promedio de Temperatura.

En la figura 19 se visualiza que en el mes de octubre la temperatura máxima fue de 18.6 °C.

## ANALISIS ESTADISTICO

Prueba de normalidad Shapiro wilk Remoción de Arsénico

Tabla 12: Cuadro de Normalidad y confiabilidad SPSS.

Pruebas de normalidad							
Concentración de Arsénico		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración	Concentración de arsénico final	,165	12	,200*	,932	12	,399

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia.

#### **IV. DISCUSIÓN**

El uso del alambre de hierro por medio de la irradiación solar para la disminución de arsénico en los resultados obtenidos, coinciden con la investigación de Jorge Rimachi (2009), quien utilizó 3 gramos de alambre de hierro, 4 gotas de jugo de limón y 4 horas de exposición solar en aguas superficiales a nivel laboratorio.

La figura 16 indica que las muestras que fueron realizadas con 6 gramos de alambre de hierro, 1.3 mL de jugo de limón y expuestas a la radiación solar por 8 horas fue la que consiguió un mayor porcentaje de reducción de arsénico, en promedio un 98.18% de disminución de arsénico. Este resultado coincide con la investigación de Jorge Rimachi (2009), quien uso 3 gramos de alambre de hierro, 4 gotas de limón y 4 horas de exposición solar, pero obteniendo un resultado menor de 60.5% de remoción de arsénico. Por lo que podemos decir que existe un nivel significativo de disminución de arsénico aplicando 6 gramos de alambre, 1.3 mL de jugo de limón a una exposición de 8h a la radiación solar.

La figura 17 indica que las muestras que fueron realizados para la caracterización del pH del agua subterránea después del proceso empleado, fue la muestra 11 la que consiguió un pH de 6.5. este resultado se asemeja con lo presentado por el autor Jorge Rimachi (2009) que obtuvo un mejor resultado con un pH de 6.83, esto se debe a que uso menor cantidad de alambre de hierro y jugo de limón. Es así, que se puede decir que los dos resultados están dentro de los límites máximos permisibles.

La figura 18 indica que las muestras realizadas fueron expuestas a la irradiación solar por 6 y 8 horas, variando la cantidad de alambre de hierro en 6 y 8 gramos, por lo que se extraía el agua cada cierta hora indicada, la muestra 11 indica que el tiempo más efectivo fue el de 8 horas, reduciendo un 98.18% de arsénico. Este resultado es más efectivo que la investigación del autor Jorge Rimachi (2009) quien solo eligió exponer las muestras a la irradiación solar por 2, 3 y 4 horas, reduciendo 60.5% de arsénico.

La muestra más representativa es la muestra 11, ya que está dentro de los (LMP) con un pH de 6.5 y con una remoción de 98.18% de Arsénico, este resultado es más efectivo que la investigación de Pantoja (2013) ya que para una concentración inicial de 1.00 µg As/L con un pH de 4 y 17% de hierro, no hubo pruebas suficientes de una correlación entre el contenido de hierro y el contenido de arsénico en los experimentos con isoterma, lo que sugiere

el intercambio iónico es un proceso insignificante que se produce en la adsorción de arseniato utilizando D-Fe.

Según la tabla N 10, se puede observar que los datos obtenidos de arsénico 5 de 12 muestras cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) en pH, obteniendo mayor remoción con 6 gramos de alambre de hierro, 1.3 mL de jugo de limón y a una exposición solar de 8 horas, teniendo como inicial 200 mg/L de arsénico y reduciendo un 98.18%.

## **V. CONCLUSIONES**

- A.** Respecto a las diferentes cantidades de alambre de hierro de 6 y 8 gramos con 1.3 mL de jugo de limón y expuestas a la irradiación solar por 6 y 8 horas, este trabajo comprobó que el método para la remoción de arsénico propuesto es muy efectivo alcanzando una remoción de 98.15% de arsénico con un pH de 6.5.
- B.** Se modificó la tecnología de remoción de arsénico para uso en las aguas subterráneas de Juliaca-Taparachi, de manera que simplemente se agrega alambre de hierro variando la cantidad y jugo de limón al agua almacenada antes de su exposición a la irradiación solar, alcanzando una alta eficiencia en la remoción (98.15%).
- C.** Es así que se concluye que existe un nivel significativo de disminución de arsénico, mediante el uso de 6 gramos de alambre de hierro, 1.3 mL de jugo de limón y 8 horas de exposición a la irradiación solar, del agua obtenida del agua subterránea de la ciudad de Juliaca-Taparachi.
- D.** Se concluye además que la muestra que tuvo estas condiciones, consiguió disminuir hasta 98.15% de arsénico con un pH de 6.5, cumpliendo así con los límites máximos permisibles para, de igual forma cumpliendo con los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua (D.S. 015-2015 MINAM).



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda extender la investigación evaluando el proceso de adsorción de arsénico y jugo de limón.
- Se recomienda modificar la tecnología de remoción de arsénico por oxidación solar para ser adaptada a cada realidad geográfica ambiental.
- Se recomienda hacer un seguimiento del arsénico en diferentes estaciones del año para así poder obtener la variación por épocas y continuar la implementación del método para la remoción.
- Se recomienda realizar trabajos previos complementarios para otros metales, desinfección y otras fuentes que podría ser en otros distritos de Juliaca-Taparachi.

## VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

ARIAS CHRISTINE. Exposición al arsénico en el agua potable: *una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú.* 2014. Disponible en: <http://www.who.int/bulletin/volumes/92/8/13-128496-ab/es/>.

DANIL, NAMOR, EL GAMOUZ , MARTINEZ VALENTINA, VALIENTE LUCIA. Turning the 49ágs.49r down on heavy metals using tuned diatomite. *A review of diatomite and modified diatomite for the extraction of heavy metals 40from 49ágs.*. J Hazard Mater [En Línea]. Elsevier B.V.; 2012;241-242:14–31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.09.030>.

DECRETO SUPREMO N° 031-2010-SA. Reglamento de la calidad de Agua para consumo Humano. *Ministerio de Salud*, Lima, Febrero de 2011.

Frederick, Kenned. Health implications of arsenic in drinking 49ágs.. Journal AWWA, 52-63. 2003.

FLORES IVANA. Agua subterránea: el agua que no vemos. [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revista/vol22num1/articulos/agua/>.

FLORES IRIS. Agua subterránea: el agua que no vemos. [en línea]. 2009. Disponible en: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol22num1/articulos/agua/>.

GARCÍA LIN. Avances en Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas de Tucumán, Argentina. En C. y.-P. CYTED, Avances en tecnologías económicas solares para desinfección, descontaminación y remoción de arsénico en aguas de comunidades rurales de América Latina (50ágs.. 42-56). Bueno Aires: CYTED. 2004.

GRRNGA. Monitoreo participativo de calidad de agua; primeros resultados. Panorama Ambiental – Gobierno Regional de Tacna Edición N° 02, 6-9. 2014.t.

HURTADO PEDRO. Paradigmas y Metodos de Investigación en Tiempos de Cambios, [En línea], pg. 103. 2005.

JOHNSTON ZHENG. Arsenic in tube well water in bangladesh: health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. Bull World Health Organ, (90): 74. 2012.

KURNIAWAN, Physico – chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. Chemical Engineering Journal, (118): 83-98, 2005.

MEZA PLACIDO. Remoción De Coliformes Y Metales en Aguas Residuales Mediante Diatomeas. Tesis (Ingeniero Civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013. 30-49p. 2010.

MORENO MARIO. Arsénico en aguas subterráneas su transferencia al suelo y a la planta. España: Universidad de Valladolid.p,19. 2003.

MORENO, CERVANTES. Contaminación ambiental por metales pesados: impacto en los seres vivos. 1ª. Ed. México: AGT, 1999. 232p. (2001).

MURILLO JEAN. Aguas subterráneas [En 50ágs.]. (2008), recuperado de: [https://books.google.com.pe/books?id=LGvkAAAACAAJ&dq=agua+subterránea&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiTmvSKyv\\_bAhUsw1kKHQr-TArkQ6AEIKzAB](https://books.google.com.pe/books?id=LGvkAAAACAAJ&dq=agua+subterránea&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiTmvSKyv_bAhUsw1kKHQr-TArkQ6AEIKzAB).

PANTOJA JEMERY. The removal of arsenite from water using iron-modified diatomite (D-Fe): isotherm and 50ágs.50r experiments. Environ Sci Pollut Res, (21): 495-506, 2006.

PANTOJ JONES, Garelick, mohamedbakr y burkitbayev. The removal of arsenate from 51ágs. using iron-modified diatomite (D-Fe): isotherm and 51ágs.51r experiments. *Environ Sci Pollut Res*, (21): 495–506, 2000.

JORGE RIMACHI. Estudio físico químico de las técnicas de remoción de arsénico en agua de consumo humano, Lima: Facultad de ciencias, Tesis (Informe de insuficiencia para licenciado en química). *Universidad Nacional de Ingeniería*, 2009.

ROJAS KAREN. Remoción de arsénico (V) y cromo (VI) presente en lechos acuáticos mediante el uso de tierra de diatomeas recubierta con sales de hierro, Arequipa. Tesis (Maestro en Química del Medio Ambiente). *Arequipa: Universidad Católica de Santa María*, 2016. 1 p. 2010.

RUIZ CLARA. Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para la parroquia San Isidro del Cantón Guano. *Tesis (Ingeniero Químico)*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2013. 62 p. 2005.

TEJADA CANDELARIA; VILLABONA-ORTIZ ÁNGEL Y GARCÉSJARABA, 8LUZ. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, (18): 109-123. 2015.

## VIII. ANEXOS

<b>FICHA DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO: Ubicación de Punto de muestreo</b>			
<b>Juliaca – Taparachi, Calle Huallaga</b>			
<b>Responsable del Muestreo</b>		<b>Firma</b>	

Punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Localidad	Distrito	Departamento	Coordenadas (UTM)			Fecha	Hora	Día	Observaciones
					X	Y	Z				

<b>Instrumento de Recolección de Datos</b>			<b>N° Ensayo:</b>	
<b>Solicitante:</b>		<b>Proyecto:</b>		
<b>Dirección:</b>		<b>Provincia:</b>		
<b>e-mail:</b>		<b>Departamento:</b>		
<b>Responsable del muestreo:</b>			<b>Firma:</b>	

Alambre de Hierro	Dosis	Peso (mg)	Cantidad (mL)
Jugo de Limón			

<b>Cadena de Custodia</b>						
<b>Arsénico en aguas Subterráneas</b>				<b>N° Ensayo:</b>		
<b>Solicitante:</b>			<b>Proyecto:</b>			
<b>Dirección:</b>			<b>Provincia:</b>			
<b>e-mail:</b>			<b>Departamento:</b>			
<b>Responsable del muestreo:</b>				<b>Firma:</b>		
		<b>Característica Fisicoquímica</b>	<b>Remoción de Arsénico Total (mg/L)</b>			
<b>Arsénico en Aguas Subterráneas</b>	<b>Cantidad de Muestras (4)</b>	<b>pH</b>		<b>Tiempo (h)- 6h</b>	<b>Tiempo (h)- 8h</b>	
		<b>Inicial</b>	<b>Final</b>			

<b>Ficha de Registro De Irradiación Solar</b>			
<b>Reducción de Arsénico mediante irradiación Solar</b>			<b>N° Ensayo:</b>
<b>Solicitante:</b>		<b>Proyecto:</b>	
<b>Dirección:</b>		<b>Provincia:</b>	
<b>e-mail:</b>		<b>Departamento:</b>	
<b>Responsable del muestreo:</b>			<b>Firma:</b>

Muestra de Arsénico:	Tiempo de Irradiación (h) (°C)	Concentración Final de Arsénico (mg/L)	Porcentaje de remoción (%)
Irradiación Solar			

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ, GALVEZ, Juan Julia  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de Recolección de Datos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

☒ SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 06/06 del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0944701 Telf: 5281040

Joel Chumbes Chacón



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: O. P. R. O. S. E. Z. B. A. L. U. E. Z. J. U. A. N. J. O. L. I.  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

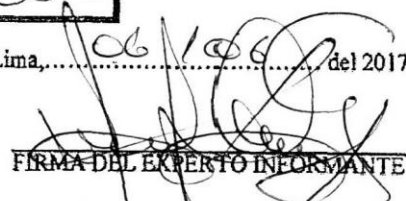
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

☒ Si  
☐ No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 06/08/2017 del 2017

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 05447005 Telf. 5 281648

Rep. 88872

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ & ALVAREZ, Juan José  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTES  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 06/06 del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8844732 Telf.: 5201000

2017 8844732

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ BLUZZ, JUAN JUAN  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Campo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 10/08/2017, del 2017

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0861206 Telf.: 5281140

U.P.: 84872

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNAVABAR FOSTERIO HORACEO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE REGISTRO DE CAMPO  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacon Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									✓				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									✓				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									✓				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									✓				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									✓				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									✓				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									✓				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									✓				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									✓				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

80
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %
------

Lima, 08 DE JUNIO del 2017

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP N° 25450

DNI No. 08306575 Telf. 974192836

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: CADEIA DE CUSTODIA
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									✓				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									✓				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									✓				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									✓				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									✓				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									✓				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									✓				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									✓				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									✓				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

80
—

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %
------

Lima, 08 DE JUNIO del 2018

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP N° 25450

DNI No. 08306575 Telf. 974142836



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									✓				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									✓				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									✓				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									✓				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									✓				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									✓				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									✓				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									✓				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									✓				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

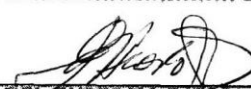
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

80
—

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %
------

Lima, 08 DE JUNIO ..... del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP N° 25450

DNI No. 08306575 Telf.: 974142836

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: CADENA DE CUSTODIA  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Jcel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									✓				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									✓				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									✓				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									✓				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									✓				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									✓				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									✓				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									✓				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									✓				

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

80
—

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80 %
------

Lima, 08 DE JUNIO del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP N° 25450  
 DNI No. 08306575 Telf. 974142836

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: César Eduardo Jiménez Calderón  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S:

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón ..... del 2017  
 CIP. 42355  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 DNI No..... Telf:.....



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: César Eduardo Jiménez Calderón  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón Joel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			


### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S.

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ..... del 2017  
  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: César Eduardo Jiménez Calderón
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de recolección de datos
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes, Chacón, Jcel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

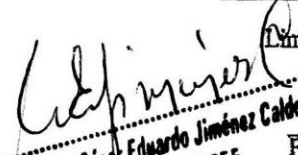
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ..... del 2017

  
**Dr. César Eduardo Jiménez Calderón**  
 CIP. 42355

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf.:.....

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: César Eduardo Jiménez Calderón  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de campo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Chumbes Chacón del

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ..... del 2017

  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

## INFORME DE ENSAYOS N° 3389- 2018

PÁGINA 2 DE 2

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea (M-1) - Hora de muestreo: 18:00 hrs.	UNIDADES
FQ	pH	7.1	U de pH
FQ	Elemento As	0.06	mg/L

#### ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

#### OBSERVACIONES :

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd Ed. 2012.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 08/08/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 16/08/2018




Blgol Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe

**INFORME DE ENSAYOS N° 4465 - 2018**  
**PÁGINA 2 DE 3**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea (M-1) - Hora de muestreo: 18:00 hrs.	UNIDADES
FQ	pH	6.8	U de pH
FQ	Elemento As	47.17	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH : Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency, Method 150.1, pH (Electrometric), 1999

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea (M-2) - Hora de muestreo: 20:00 hrs.	UNIDADES
FQ	pH	6.7	U de pH
FQ	Elemento As	41.43	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH : Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency, Method 150.1, pH (Electrometric), 1999

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea (M-3) - Hora de muestreo: 18:00 hrs.	UNIDADES
FQ	pH	6.3	U de pH
FQ	Elemento As	33.30	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH : Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency, Method 150.1, pH (Electrometric), 1999

**INFORME DE ENSAYOS N° 4465 - 2018**  
**PÁGINA 3 DE 3**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
		Agua Subterránea (M-4) - Hora de muestreo: 20:00 hrs.	
FQ	pH	6.4	U de pH
FQ	Elemento As	28.98	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH : Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 04/10/2018 al 11/10/2018

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 15/10/2018



*p. Miguel Valdivia Martínez*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
 Gerente Técnico

Fin del Informe



**INFORME DE ENSAYOS N° 4465- 2018**  
**PÁGINA 2 DE 3**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea (M-1) - Hora de muestreo: 18:00 hrs.	UNIDADES
FQ	pH	6.5	U de pH
FQ	Elemento As	37.75	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH : Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea (M-2) - Hora de muestreo: 20:00 hrs.	UNIDADES
FQ	pH	6.4	U de pH
FQ	Elemento As	34.45	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH : Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	
		Agua Subterránea (M-3) - Hora de muestreo: 18:00 hrs.	UNIDADES
FQ	pH	6.3	U de pH
FQ	Elemento As	34.01	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH : Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**INFORME DE ENSAYOS N° 4465 - 2018**  
**PÁGINA 3 DE 3**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
		Agua Subterránea (M-4)- Hora de muestreo: 20:00 hrs.	
FQ	pH	6.2	U de pH
FQ	Elemento As	33.65	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L

: Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH

: Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Pag.3-32. 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 04/10/2018 al 11/10/2018

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 15/10/2018



*[Firma]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe



## INFORME DE ENSAYOS N° 4465- 2018

PÁGINA 2 DE 3

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
		Agua Subterránea (M-1) - Hora de muestreo: 18:00 hrs.	
FQ	pH	6.6	U de pH
FQ	Elemento As	38.02	mg/L

#### ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

#### ABREVIATURAS :

U de pH : Unidades de pH

#### OBSERVACIONES :

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency, Method 150.1, pH (Electrometric), 1999

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
		Agua Subterránea (M-2) - Hora de muestreo: 20:00 hrs.	
FQ	pH	6.4	U de pH
FQ	Elemento As	31.83	mg/L

#### ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

#### ABREVIATURAS :

U de pH : Unidades de pH

#### OBSERVACIONES :

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency, Method 150.1, pH (Electrometric), 1999

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
		Agua Subterránea (M-3) - Hora de muestreo: 18:00 hrs.	
FQ	pH	6.5	U de pH
FQ	Elemento As	36.40	mg/L

#### ABREVIATURAS :

mg/L : Miligramos por litro

#### ABREVIATURAS :

U de pH : Unidades de pH

#### OBSERVACIONES :

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32, 22nd 2012.

pH

Environmental Protection Agency, Method 150.1, pH (Electrometric), 1999

**INFORME DE ENSAYOS N° 4465 - 2018**  
**PÁGINA 3 DE 3**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUBTERRÁNEA	UNIDADES
		Agua Subterránea (M-4)- Hora de muestreo: 20:00 hrs.	
FQ	pH	6.1	U de pH
FQ	Elemento As	29.32	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L

: Miligramos por litro

**ABREVIATURAS :**

U de pH

: Unidades de pH

**OBSERVACIONES :**

\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

\*\*Estos métodos quedan fuera del alcance de la acreditación del INACAL-DA debido a las siguientes observaciones a la aptitud de la muestra al momento de la recepción (A y aceptado por el cliente):

pH: Max. 2 hrs después de la toma de muestra. Muestra con mas de 2 hrs de tiempo de vida útil.

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, Pag.3-32. 22nd 2012.

Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

pH

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 04/10/2018 al 11/10/2018

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 15/10/2018



*[Firma]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe



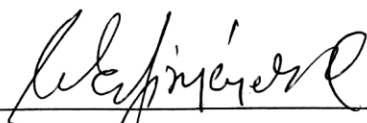
Yo, **Dr. CÉSAR EDUARDO JIMÉNEZ CALDERÓN**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Filial - Lima Los Olivos, revisor de la tesis titulada:

**"REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE EL USO DE ALAMBRE DE HIERRO EN DIFERENTES CONCENTRACIONES, TAPARACHI, JULIACA, 2018"** del estudiante **JOEL EFRAÍN CHUMBES CHACÓN**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **18 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

La suscrita analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender **EL INFORME DE INVESTIGACIÓN** cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 14 de diciembre de 2018



  
 \_\_\_\_\_  
**Dr. CÉSAR EDUARDO JIMÉNEZ CALDERÓN**


DNI: 16436847

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Yo **JOEL EFRAÍN CHUMBES CHACÓN** identificado con DNI N° **71481562** egresado de la Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, autorizo ( **x** ) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "**REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRANEAS MEDIANTE EL USO DE ALAMBRE DE HIERRO EN DIFERENTES CONCENTRACIONES, TAPARACHI, JULIACA, 2018.**"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: **71481562**

FECHA: Los Olivos 14 de diciembre 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JOEL EFRAIN CHUMBES CHACON

INFORME TÍTULADO:

REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE EL USO DE ALAMBRE DE HIERRO EN DIFERENTES CONCENTRACIONES, TAPARACHI, JULIACA, 2018.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERIA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 06-12-2018

NOTA O MENCIÓN: 15 (Quince)



  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN